

Un futuro incierto.

Todo lo que necesitas saber sobre el cambio climático.

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Contenidos

Artículos

Cambio climático	1
Protocolo de Kioto sobre el cambio climático	18
Calentamiento global	22
Mediciones de temperatura por satélite	41
Efectos potenciales del calentamiento global	44
Influencia antropogénica sobre el clima	57
Efecto invernadero	64
Gas de efecto invernadero	77
Óxido de carbono (IV)	81
Ciclo del carbono	84
Combustible fósil	86
Deforestación	87
Biodiversidad	90
Paleoclimatología	98
Corriente marina	102
Demografía	108
Tierra	112
Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático	122
Biosfera	124
Metano	127
Atmósfera	137

Referencias

Fuentes y contribuyentes del artículo	148
Fuentes de imagen, Licencias y contribuyentes	150

Licencias de artículos

Licencia	152
----------	-----

Cambio climático



Este artículo o sección necesita **referencias** que aparezcan en una **publicación acreditada**, como revistas especializadas, monografías, prensa diaria o páginas de Internet fidedignas.

Puedes añadirlas **así** o avisar al autor principal del artículo ^[1] en su página de discusión pegando: {{subst:Aviso referencias|Cambio climático}} ~~~~

Se llama **cambio climático** a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etcétera. Son debidos tanto a causas naturales (*Crowley y North, 1988*) como → antropogénicas (*Oreskes, 2004*).

El término suele usarse, de forma poco apropiada, para hacer referencia tan sólo a los cambios climáticos que suceden en el presente, utilizándolo como sinónimo de → calentamiento global. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa el término *cambio climático* sólo para referirse al cambio por causas humanas:

Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables

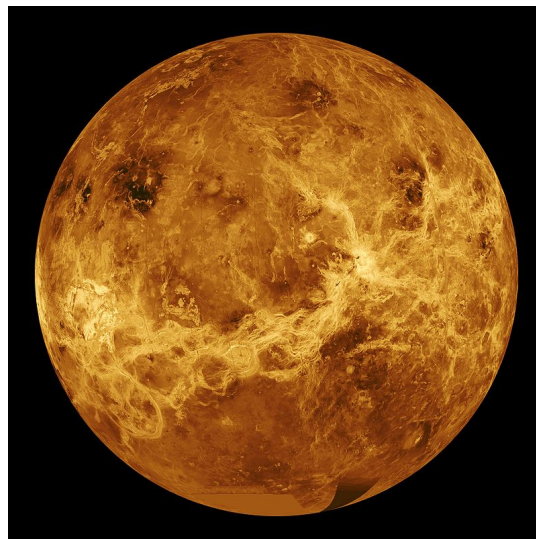


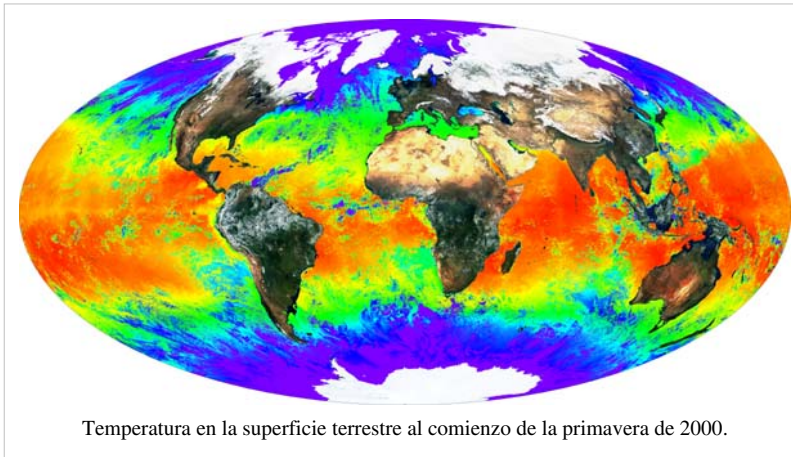
Imagen actual de la superficie de Venus, un planeta que anteriormente se pareció en muchos aspectos a la Tierra actual.^[2]

Artículo 1, párrafo 2

Como se produce constantemente por causas naturales se lo denomina también **variabilidad natural del clima**. En algunos casos, para referirse al cambio de origen humano se usa también la expresión **cambio climático antropogénico**.

Además del calentamiento global, el cambio climático implica cambios en otras variables como las lluvias globales y sus patrones, la cobertura de nubes y todos los demás elementos del sistema atmosférico. La complejidad del problema y sus múltiples interacciones hacen que la única manera de evaluar estos cambios sea mediante el uso de modelos computacionales que simulan la física de la → atmósfera y de los océanos. La naturaleza caótica de estos modelos hace que en sí tengan una alta proporción de incertidumbre (*Stainforth et al., 2005*)(*Roe y Baker, 2007*), aunque eso no es óbice para que sean capaces de prever cambios significativos futuros (*Schnellhuber, 2008*)(*Knutti y Hegerl, 2008*) que tengan consecuencias tanto económicas (*Stern, 2008*) como las ya observables a nivel biológico (*Walther et al., 2002*)(*Hughes, 2001*).

Causas de los cambios climáticos

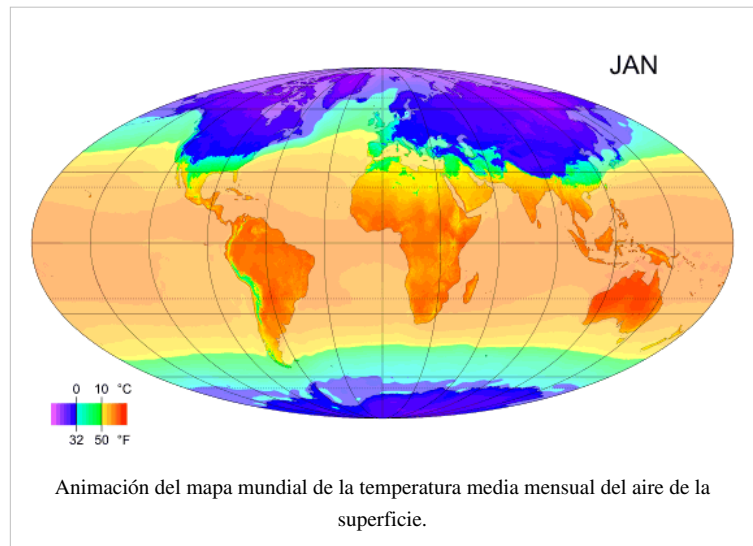


Temperatura en la superficie terrestre al comienzo de la primavera de 2000.

El clima es un promedio, a una escala de tiempo dada, del tiempo atmosférico. Sobre el clima influyen muchos fenómenos; consecuentemente, cambios en estos fenómenos provocan cambios climáticos. Un cambio en la emisión del Sol, en la composición de la atmósfera, en la disposición de los continentes, en las corrientes marinas o en la órbita de la Tierra puede modificar la distribución de energía y

el balance radiativo terrestre, alterando así profundamente el clima planetario.

Estas influencias se pueden clasificar en externas e internas a la Tierra. Las externas también reciben el nombre de forzamientos dado que normalmente actúan de forma sistemática sobre el clima, aunque también los hay aleatorios como es el caso de los impactos de meteoritos (astroblemas). La influencia humana sobre el clima en muchos casos se considera forzamiento externo ya que su influencia es más sistemática que caótica pero también es cierto que el Homo sapiens pertenece a la propia → biosfera terrestre pudiéndose considerar también como forzamientos internos según el criterio que se use. En las causas internas se encuentran una mayoría de factores no sistemáticos o caóticos. Es en este grupo donde se encuentran los factores amplificadores y moderadores que actúan en respuesta a los cambios introduciendo una variable más al problema ya que no solo hay que tener en cuenta los factores que actúan sino también las respuestas que dichas modificaciones pueden conllevar. Por todo eso al clima se le considera un sistema complejo. Según qué tipo de factores dominen la variación del clima será sistemática o caótica. En esto depende mucho la escala de tiempo en la que se observe la variación ya que pueden quedar patrones regulares de baja frecuencia ocultos en variaciones caóticas de alta frecuencia y viceversa.

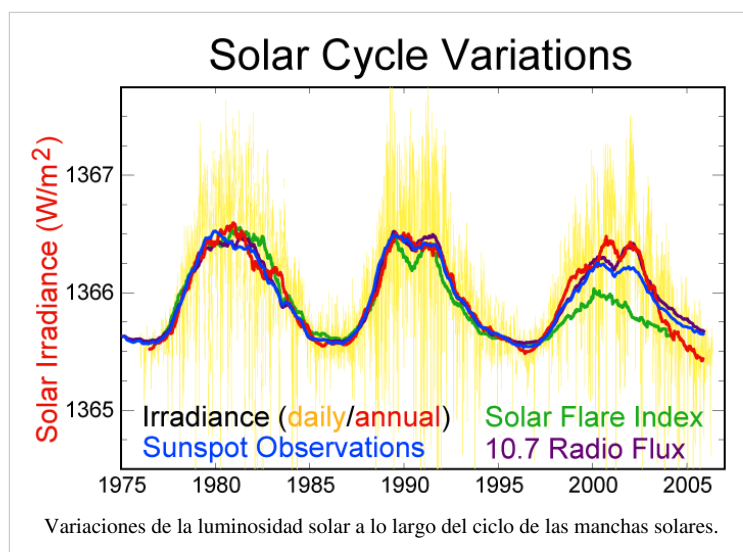


Animación del mapa mundial de la temperatura media mensual del aire de la superficie.

Variaciones solares

El Sol es una estrella variable que presenta ciclos de actividad de once años. Ha tenido períodos en los cuales no presenta manchas solares, como el mínimo de Maunder que fue de 1645 a 1715 en los cuales se produjo una mini era de Hielo.

La temperatura media de la Tierra depende, en gran medida, del flujo de radiación solar que recibe. Sin embargo, debido a que ese aporte de energía apenas varía en el tiempo, no se considera que sea una contribución importante para la variabilidad climática a corto plazo (Crowley y North, 1988). Esto sucede porque el Sol es una estrella de tipo G en fase de secuencia principal, resultando muy estable. El flujo de radiación es, además, el motor de los fenómenos atmosféricos ya que aporta la energía necesaria a la → atmósfera para que éstos se produzcan.



Sin embargo, muchos astrofísicos consideran que la influencia del Sol sobre el clima está más relacionado con la longitud de cada ciclo, la amplitud del mismo, la cantidad de manchas de solares, la profundidad de cada mínimo solar, y la ocurrencia de dobles mínimos solares separados por pocos años. Sería la variación en los campos magnéticos y la variabilidad en el viento solar (y su influencia sobre los rayos cósmicos que llegan a la tierra) quienes tienen una fuerte acción sobre distintos componentes del clima como las diversas oscilaciones oceánicas, los eventos el Niño y La Niña, las corrientes de chorro polares, la Oscilación cuasi bianual de la corriente estratosférica sobre el ecuador, etc. Por otro lado, a largo plazo las variaciones se hacen apreciables ya que el Sol aumenta su luminosidad a razón de un 10 % cada 1.000 millones de años. Debido a este fenómeno, en la Tierra primitiva que sustentó el nacimiento de la vida, hace 3.800 millones de años, el brillo del Sol era un 70 % del actual.

Las variaciones en el campo magnético solar y, por tanto, en las emisiones de viento solar, también son importantes, ya que la interacción de la alta atmósfera terrestre con las partículas provenientes del Sol puede generar reacciones químicas en un sentido u otro, modificando la composición del aire y de las nubes así como la formación de éstas. Algunas hipótesis plantean incluso que los iones producidos por la interacción de los rayos cósmicos y la atmósfera de la Tierra juegan un rol en la formación de núcleos de condensación y un correspondiente aumento en la formación de nubes. De este modo, la correlación entre la ionización cósmica y formación de nubes se observa fuertemente en las nubes a baja altura y no en las nubes altas (cirrus) como se creía, donde la variación en la ionización es mucho más grande (Svensmark, 2007).

Véase también: Sol

Influencias internas

La deriva continental

La Tierra ha sufrido muchos cambios desde su origen hace 4.600 millones de años. Hace 225 millones todos los continentes estaban unidos, formando lo que se conoce como Pangea, y había un océano universal llamado Panthalassa. Esta disposición favoreció el aumento de las corrientes oceánicas y provocó que la diferencia de temperatura entre el Ecuador y el Polo fuera muchísimo menor que en la actualidad. La tectónica de placas ha separado los continentes y los ha puesto en la situación actual. El Océano Atlántico se ha ido formando desde hace 200 millones de años.

La deriva continental es un proceso sumamente lento, por lo que la posición de los continentes fija el comportamiento del clima durante millones de años. Hay dos aspectos a tener en cuenta. Por una parte, las latitudes en las que se concentra la masa continental: si las masas continentales están situadas en latitudes bajas habrá pocos glaciares continentales y, en general, temperaturas medias menos extremas. Así mismo, si los continentes se hallan muy fragmentados habrá menos continentalidad.

Véase también: Deriva continental y clima y deriva continental



Variaciones orbitales

Si bien la luminosidad solar se mantiene prácticamente constante a lo largo de millones de años, no ocurre lo mismo con la órbita terrestre. Ésta oscila periódicamente, haciendo que la cantidad media de radiación que recibe cada hemisferio fluctúe a lo largo del tiempo, y estas variaciones provocan las pulsaciones glaciares a modo de veranos e inviernos de largo período. Son los llamados periodos glaciares e interglaciares. Hay tres factores que contribuyen a modificar las características orbitales haciendo que la insolación media en uno y otro hemisferio varíe aunque no lo haga el flujo de radiación global. Se trata de la precesión de los equinoccios, la excentricidad orbital y la oblicuidad de la órbita o inclinación del eje terrestre.

Véase también: Órbita

Impactos de meteoritos

En raras ocasiones ocurren eventos de tipo catastrófico que cambian la faz de la Tierra para siempre. El último de tales acontecimientos catastróficos sucedió hace 65 millones de años. Se trata de los impactos de meteoritos de gran tamaño. Es indudable que tales fenómenos pueden provocar un efecto devastador sobre el clima al liberar grandes cantidades de CO₂, polvo y cenizas a la atmósfera debido a la quema de grandes extensiones boscosas. De la misma forma, tales sucesos podrían intensificar la actividad volcánica en ciertas regiones. En el suceso de Chichulub (en Yucatán, México) hay quien relaciona el período de fuertes erupciones en volcanes de la India con el hecho de que este continente se sitúe cerca de las antípodas del cráter de impacto. Tras un impacto suficientemente poderoso la atmósfera cambiaría rápidamente, al igual que la actividad geológica del planeta e, incluso, sus características orbitales.

La composición atmosférica

La atmósfera primitiva, cuya composición era parecida a la nebulosa inicial, perdió sus componentes más ligeros, el hidrógeno diatómico (H_2) y el helio (He), para ser sustituidos por gases procedentes de las emisiones volcánicas del planeta o sus derivados, especialmente dióxido de carbono (CO_2), dando lugar a una atmósfera de segunda generación. En dicha atmósfera son importantes los efectos de los gases de invernadero emitidos de forma natural en volcanes. Por otro lado, la cantidad de óxidos de azufre y otros aerosoles emitidos por los volcanes contribuyen a lo contrario, a enfriar la Tierra. Del equilibrio entre ambos efectos resulta un balance radiativo determinado.

Con la aparición de la vida en la Tierra se sumó como agente incidente el total de organismos vivos, la biosfera. Inicialmente, los organismos autótrofos por fotosíntesis o quimiosíntesis capturaron gran parte del abundante $\rightarrow CO_2$ de la atmósfera primitiva, a la vez que empezaba acumularse oxígeno (a partir del proceso abiótico de la fotólisis del agua). La aparición de la fotosíntesis oxigénica, que realizan las cianobacterias y sus descendientes los plastos, dio lugar a una presencia masiva de oxígeno (O_2) como la que caracteriza la atmósfera actual, y aun superior. Esta modificación de la composición de la atmósfera propició la aparición de formas de vida nuevas, aeróbicas que se aprovechaban de la nueva composición del aire. Aumentó así el consumo de oxígeno y disminuyó el consumo neto de CO_2 llegándose al equilibrio o clímax, y formándose así la atmósfera de tercera generación actual. Este delicado equilibrio entre lo que se emite y lo que se absorbe se hace evidente en el ciclo del CO_2 , la presencia del cual fluctúa a lo largo del año según las estaciones de crecimiento de las plantas.

Las corrientes oceánicas

Las corrientes oceánicas, o marinas, son un factor regulador del clima que actúa como moderador, suavizando las temperaturas de regiones como Europa. El ejemplo más claro es la corriente termohalina que, ayudada por la diferencia de temperaturas y de salinidad, se hunde en el Atlántico Norte.

Véase también: Corriente del Golfo

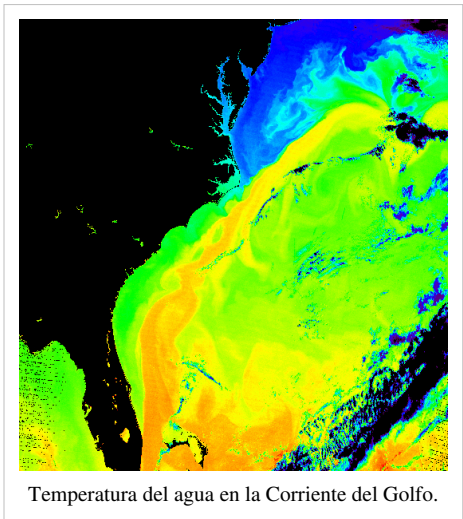
El campo magnético terrestre

De la misma forma que el viento solar puede afectar al clima de forma directa, las variaciones en el campo magnético terrestre pueden afectarlo de manera indirecta ya que, según su estado, detiene o no las partículas emitidas por el Sol. Se ha comprobado que en épocas pasadas hubo inversiones de polaridad y grandes variaciones en su intensidad, llegando a estar casi anulado en algunos momentos. Se sabe también que los polos magnéticos, si bien tienden a encontrarse próximos a los polos geográficos, en algunas ocasiones se han aproximado al Ecuador. Estos sucesos tuvieron que influir en la manera en la que el viento solar llegaba a la atmósfera terrestre.

Véase también: Paleomagnetismo

Los efectos antropogénicos

El ser humano es hoy uno de los agentes climáticos de importancia, incorporándose a la lista hace relativamente poco tiempo. Su influencia comenzó con la $\rightarrow$ deforestación de bosques para convertirlos en tierras de cultivo y pastoreo, pero en la actualidad su influencia es mucho mayor al producir la emisión abundante de gases que producen un efecto invernadero: CO_2 en fábricas y medios de transporte y $\rightarrow$ metano en granjas de ganadería intensiva y arrozales. Actualmente tanto las emisiones de gases como la deforestación se han incrementado hasta tal nivel que parece difícil que se reduzcan a corto y medio plazo, por las implicaciones técnicas y económicas de las actividades involucradas.



Los aerosoles de origen antropogénico, especialmente los sulfatos provenientes de los combustibles fósiles, ejercen una influencia reductora de la temperatura (*Charlson et al., 1992*). Este hecho, unido a la variabilidad natural del clima, es la causa que explica el "valle" que se observa en el gráfico de temperaturas en la zona central del siglo XX.

Véase también: *Efecto invernadero (clima)*

Retroalimentaciones y factores moderadores

Muchos de los cambios climáticos importantes se dan por pequeños desencadenantes causados por los factores que se han citado, ya sean forzamientos sistemáticos o sucesos imprevistos. Dichos desencadenantes pueden formar un mecanismo que se refuerza a sí mismo (retroalimentación o "*feedback positivo*") amplificando el efecto. Asimismo, la Tierra puede responder con mecanismos moderadores ("*feedbacks negativos*") o con los dos fenómenos a la vez. Del balance de todos los efectos saldrá algún tipo de cambio más o menos brusco pero siempre impredecible a largo plazo, ya que el sistema climático es un sistema caótico y complejo.

Un ejemplo de *feedback positivo* es el efecto albedo, un aumento de la masa helada que incrementa la reflexión de la radiación directa y, por consiguiente, amplifica el enfriamiento. También puede actuar a la inversa, amplificando el calentamiento cuando hay una desaparición de masa helada. También es una retroalimentación la fusión de los casquetes polares, ya que crean un efecto de estancamiento por el cual las corrientes oceánicas no pueden cruzar esa región. En el momento en que empieza a abrirse el paso a las corrientes se contribuye a homogeneizar las temperaturas y favorece la fusión completa de todo el casquete y a suavizar las temperaturas polares, llevando el planeta a un mayor calentamiento al reducir el albedo.

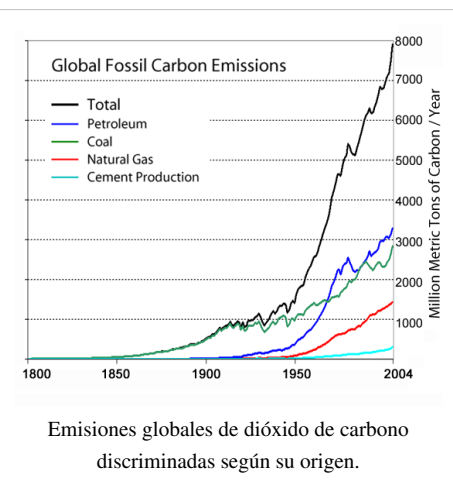
La Tierra ha tenido períodos cálidos sin casquetes polares y recientemente se ha visto que hay una laguna en el Polo Norte durante el verano boreal, por lo que los científicos noruegos predicen que en 50 años el Ártico será navegable en esa estación. Un planeta sin casquetes polares permite una mejor circulación de las corrientes marinas, sobre todo en el hemisferio norte, y disminuye la diferencia de temperatura entre el ecuador y los Polos.

También hay factores moderadores del cambio. Uno es el efecto de la biosfera y, más concretamente, de los organismos fotosintéticos (fitoplancton, algas y plantas) sobre el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera. Se estima que el incremento de dicho gas conllevará un aumento en el crecimiento de los organismos que hagan uso de él, fenómeno que se ha comprobado experimentalmente en laboratorio. Los científicos creen, sin embargo, que los organismos serán capaces de absorber sólo una parte y que el aumento global de CO₂ proseguirá.

Hay también mecanismos retroalimentadores para los cuales es difícil aclarar en que sentido actuarán. Es el caso de las nubes. El climatólogo Roy Spencer (escéptico del cambio climático vinculado a grupos evangélicos conservadores^[3]) ha llegado a la conclusión, mediante observaciones desde el espacio, de que el efecto total que producen las nubes es de enfriamiento.^[4] Pero este estudio solo se refiere a las nubes actuales. El efecto neto futuro y pasado es difícil de saber ya que depende de la composición y formación de las nubes.



La Tierra vista desde el Apolo 17.



Emisiones globales de dióxido de carbono discriminadas según su origen.

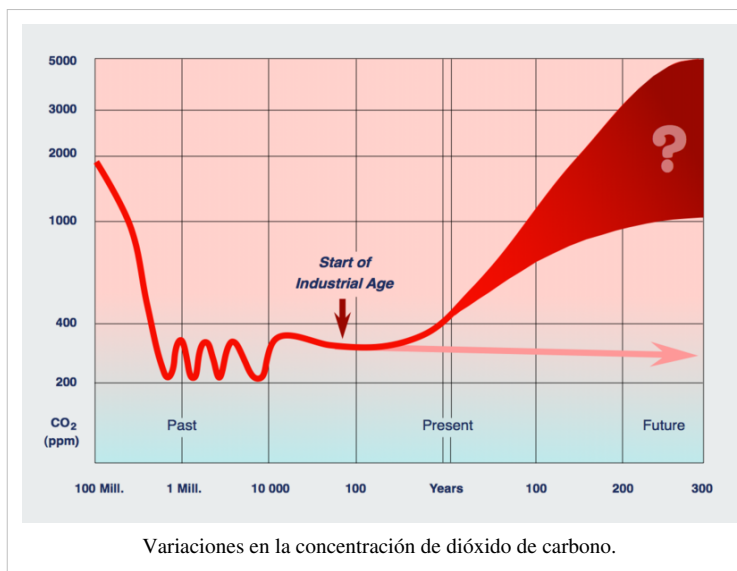
Cambios climáticos en el pasado

Los estudios del clima pasado (paleoclima) se realizan estudiando los registros fósiles, las acumulaciones de sedimentos en los lechos marinos, las burbujas de aire capturadas en los glaciares, las marcas erosivas en las rocas y las marcas de crecimiento de los árboles. Con base en todos estos datos se ha podido confeccionar una historia climática reciente relativamente precisa, y una historia climática prehistórica con no tan buena precisión. A medida que se retrocede en el tiempo los datos se reducen y llegado un punto la climatología se sirve solo de modelos de predicción futura y pasada.

La paradoja del Sol débil

A partir de los modelos de evolución estelar se puede calcular con relativa precisión la variación del brillo solar a largo plazo, por lo cual se sabe que, en los primeros momentos de la existencia de la → Tierra, el Sol emitía el 70% de la energía actual y la temperatura de equilibrio era de -41°C . Sin embargo, hay constancia de la existencia de océanos y de vida desde hace 3.800 millones de años, por lo que la paradoja del Sol débil sólo puede explicarse por una → atmósfera con mucha mayor concentración de CO_2 que la actual y con un → efecto invernadero más grande.

El efecto invernadero en el pasado



La atmósfera influye fundamentalmente en el clima; si no existiese, la temperatura en la Tierra sería de -20°C , pero la atmósfera se comporta de manera diferente según la longitud de onda de la radiación. El Sol por su alta temperatura emite radiación a un máximo de 0,48 micrómetros (Ley de Wien) y la atmósfera deja pasar la radiación. La Tierra tiene una temperatura mucho menor, y reemite la radiación absorbida a una longitud mucho más larga, infrarroja de unos 10-15 micrómetros, a la que la atmósfera ya no es transparente. El CO_2 que está actualmente en la atmósfera, en una proporción de 367 ppm, absorbe dicha

radiación. También lo hace y en mayor medida el vapor de agua). El resultado es que la atmósfera se calienta y devuelve a la tierra parte de esa energía por lo que la temperatura superficial es de unos 15°C , y dista mucho del valor de equilibrio sin atmósfera. A este fenómeno se le llama el → efecto invernadero y el CO_2 y el H_2O son los gases responsables de ello. Gracias al efecto invernadero podemos vivir. Para ver un cálculo pormenorizado sobre esta cuestión ir a: Balance radiativo terrestre.

La concentración en el pasado de CO_2 y otros importantes gases invernadero como el → metano se ha podido medir a partir de las burbujas atrapadas en el hielo y en muestras de sedimentos marinos observando que ha fluctuado a lo largo de las eras. Se desconocen las causas exactas por las cuales se producirían estas disminuciones y aumentos aunque hay varias hipótesis en estudio. El balance es complejo ya que si bien se conocen los fenómenos que capturan CO_2 y los que lo emiten la interacción entre éstos y el balance final es difícilmente calculable.

Se conocen bastantes casos en los que el CO_2 ha jugado un papel importante en la historia del clima. Por ejemplo en el proterozoico una bajada importante en los niveles de CO_2 atmosférico condujo a los llamados episodios Tierra bola de nieve. Así mismo aumentos importantes en el CO_2 condujeron en el periodo de la extinción masiva del Pérmico-Triásico a un calentamiento excesivo del agua marina lo que llevó a la emisión del → metano atrapado en

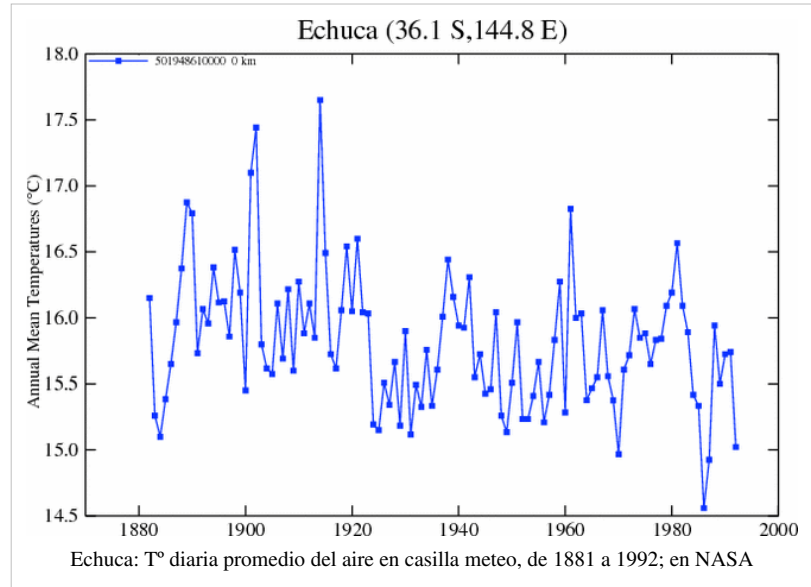
los depósitos de hidratos de metano que se hallan en los fondos marinos lo que aceleró el proceso de calentamiento hasta el límite y condujo a la Tierra a la peor extinción en masa que ha padecido.

Véase también: *Efecto invernadero (clima)*

El CO₂ como regulador del clima

Es remarcable, que la Estación Meteorológica local posee datos de termometría del aire, a 15 dm del suelo, desde 1881 a 1992, sin acceso a la "mancha de calor" urbana, clásica de otras Estaciones invadidas por la isla de calor de la urbanización.

Durante las últimas décadas las mediciones en las diferentes estaciones meteorológicas indican que el planeta se ha ido calentando. Los últimos 10 años han sido los más calurosos desde que se llevan registros,^[cita requerida] y algunos científicos predicen que en el futuro serán aún más calientes. La



mayoría de los expertos están de acuerdo que los humanos ejercen un impacto directo sobre este proceso, generalmente conocido como el → efecto invernadero. A medida que el planeta se calienta, disminuye globalmente el hielo en las montañas y las regiones polares, por ejemplo lo hace el de la banquisa ártica o el casquete glaciar de Groenlandia, aunque el hielo antártico, según predicen los modelos, aumenta ligeramente.

Dado que la nieve tiene un elevado albedo devuelve al espacio la mayor parte de radiación que incide sobre ella. La disminución de dichos casquetes también afectará, pues, al albedo terrestre, lo que hará que la Tierra se caliente aún más. El → calentamiento global también ocasionará que se evapore más agua de los océanos. El vapor de agua actúa como el mejor "gas invernadero", al menos en el muy corto plazo. Así pues, habrá un mayor calentamiento. Esto produce lo que se llama *efecto amplificador*. De la misma forma, un aumento de la nubosidad debido a una mayor evaporación contribuirá a un aumento del albedo. La fusión de los hielos puede cortar también las corrientes marinas del atlántico norte provocando una bajada local de las temperaturas medias en esa región. El problema es de difícil predicción ya que, como se ve, hay retroalimentaciones positivas y negativas.

Naturalmente, hay efectos compensadores. El CO₂ juega un importante papel en el efecto invernadero: si la temperatura es alta, se favorece su intercambio con los océanos para formar carbonatos. Entonces el efecto invernadero decae y la temperatura también. Si la temperatura es baja, el CO₂ se acumula porque no se favorece su extracción con lo que aumenta la temperatura. Así pues el CO₂ desempeña también un papel regulador.

Aparece la vida en la Tierra

Con la aparición de las cianobacterias, en la Tierra se puso en marcha la fotosíntesis oxigénica. Las algas, y luego también las plantas, absorben y fijan CO₂, y emiten O₂. Su acumulación en la atmósfera favoreció la aparición de los organismos aerobios que lo usan para respirar y devuelven CO₂. El O₂ en una atmósfera es el resultado de un proceso vivo y no al revés. Se dice frecuentemente que los bosques y selvas son los "pulmones de la Tierra", aunque esto recientemente se ha puesto en duda ya que varios estudios afirman que absorben la misma cantidad de gas que emiten por que quizá solo serían meros intercambiadores de esos gases. En cualquier caso, en el proceso de creación de estos grandes ecosistemas forestales ocurre una abundante fijación del carbono que sí contribuye apreciablemente

a la reducción de los niveles atmosféricos de CO₂.

Máximo Jurásico

Actualmente los bosques tropicales ocupan la región ecuatorial del planeta y entre el Ecuador y el Polo hay una diferencia térmica de 50 °C. Hace 65 millones de años la temperatura era muy superior a la actual y la diferencia térmica entre el Ecuador y el Polo era de unos pocos grados. Todo el planeta tenía un clima tropical y apto para quienes formaban la cúspide de los ecosistemas entonces, los dinosaurios. Los geólogos creen que la Tierra experimentó un calentamiento global en esa época, durante el Jurásico inferior con elevaciones medias de temperatura que llegaron a 5 °C. Ciertas investigaciones^[5] [6] indican que esto fue la causa de que se acelerase la erosión de las rocas hasta en un 400%, un proceso en el que tardaron 150.000 años en volver los valores de dióxido de carbono a niveles normales. Posteriormente se produjo también otro episodio de calentamiento global conocido como Máximo térmico del Paleoceno-Eoceno.

Las glaciaciones del Pleistoceno

El hombre moderno apareció hace unos tres millones de años. Desde hace unos dos millones, la tierra ha sufrido períodos glaciares donde gran parte de Norteamérica, Sudamérica y Europa quedaron cubiertas bajo gruesas capas de hielo durante muchos años. Luego rápidamente los hielos desaparecieron y dieron lugar a un período interglaciar en el cual vivimos. El proceso se repite cada cien mil años aproximadamente. La última época glacial acabó hace unos quince mil años y dio lugar a un cambio fundamental en los hábitos del hombre con el descubrimiento de la agricultura y de la ganadería. La mejora de las condiciones térmicas provocó el paso del Paleolítico al Neolítico hace unos cinco mil años.

No fue hasta 1941 que el matemático y astrónomo serbio Milutin Milankovitch propuso la teoría de que las variaciones orbitales de la → Tierra causaban las glaciaciones del Pleistoceno.

Calculó la insolación en latitudes altas del hemisferio norte a lo largo de las estaciones. Su tesis afirma que es necesaria la existencia de veranos fríos, en vez de inviernos severos, para iniciarse una edad del hielo. Su teoría no fue admitida en su tiempo, hubo que esperar a principios de los años cincuenta, Cesare Emiliani que trabajaba en un laboratorio de la Universidad de Chicago, presentó la primera historia completa que mostraba el avance y retroceso de los hielos durante las últimas glaciaciones. La obtuvo de un lugar insólito: el fondo del océano, comparando el contenido del isótopo pesado oxígeno-18 (O-18) y de oxígeno-16 (O-16) en las conchas fosilizadas.

El mínimo de Maunder

Desde que en 1610 Galileo inventara el telescopio, el Sol y sus manchas han sido observados con asiduidad. No fue sino hasta 1851 que el astrónomo Heinrich Schwabe observó que la actividad solar variaba según un ciclo de once años, con máximos y mínimos. El astrónomo solar Edward Maunder se percató que desde 1645 a 1715 el Sol interrumpe el ciclo de once años y aparece una época donde casi no aparecen manchas, denominado mínimo de Maunder. El Sol y las estrellas suelen pasar un tercio de su vida en estas crisis y durante ellas la energía que emite es menor y se corresponde con períodos fríos en el clima terrestre.

Las auroras boreales o las australes causadas por la actividad solar desaparecen o son raras.

Ha habido 6 mínimos solares similares al de Maunder desde el mínimo egipcio del 1300 a. C. hasta el último que es el de Maunder. Pero su aparición es muy irregular, con lapsos de sólo 180 años, hasta 1100 años, entre mínimos. Por término medio los periodos de escasa actividad solar duran unos 115 años y se repiten aproximadamente cada 600. Actualmente estamos en el Máximo Moderno que empezó en 1780 cuando vuelve a reaparecer el ciclo de 11 años. Un mínimo solar tiene que ocurrir como muy tarde en el 2900 y un nuevo período glacial, cuyo ciclo es de unos cien mil años, puede aparecer hacia el año 44.000, si las acciones del hombre no lo impiden.

El cambio climático actual

Combustibles fósiles y calentamiento global

A finales del siglo XVII el hombre empezó a utilizar combustibles fósiles que la Tierra había acumulado en el subsuelo durante su historia geológica. La quema de petróleo, carbón y gas natural ha causado un aumento del CO_2 en la atmósfera que últimamente es de 1,4 ppm al año y produce el consiguiente aumento de la temperatura. Se estima que desde que el hombre mide la temperatura hace unos 150 años (siempre dentro de la época industrial) ésta ha aumentado $0,5^\circ\text{C}$ y se prevé un aumento de 1°C en el 2020 y de 2°C en el 2050.

Además del dióxido de carbono (CO_2), existen otros gases de efecto invernadero responsables del → calentamiento global, tales como el gas → metano (CH_4) óxido nitroso (N_2O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6), los cuales están contemplados en el Protocolo de Kioto.

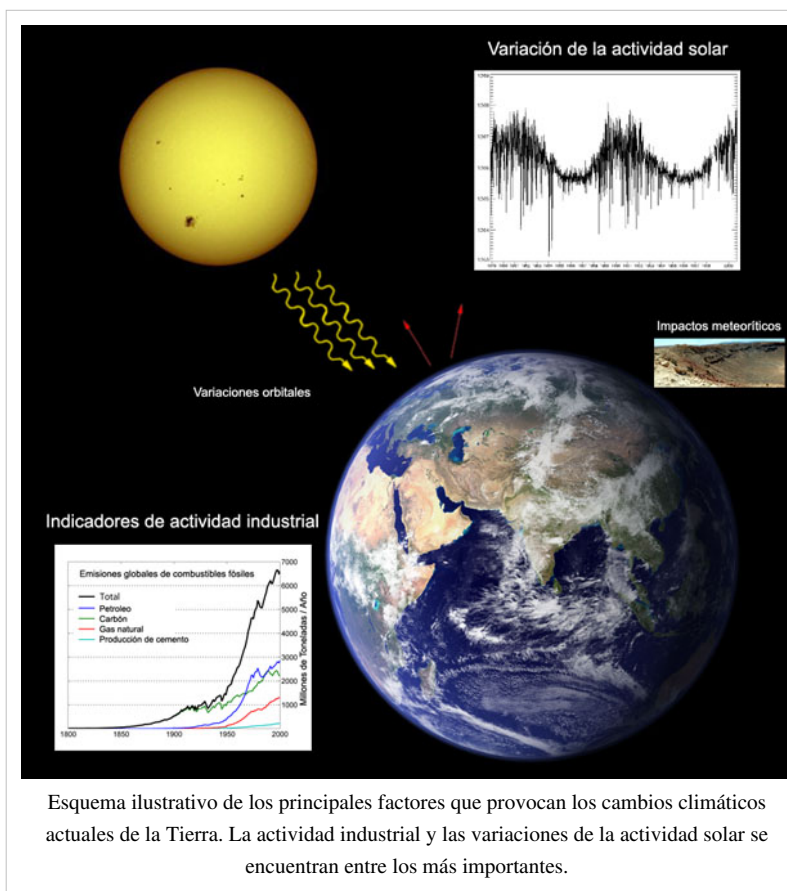
A principios del siglo XXI el → calentamiento global parece irrefutable, a pesar de que las estaciones meteorológicas en las grandes ciudades han pasado de estar en la periferia de la ciudad, al centro de ésta y el efecto de isla urbana también ha influido en el aumento observado. Los últimos años del siglo XX se caracterizaron por poseer temperaturas medias que son siempre las más altas del siglo. ^[cita requerida]

Planteamiento de futuro

Tal vez el mecanismo de compensación del CO_2 funcione en un plazo de cientos de años, cuando el Sol entre en un nuevo mínimo. En un plazo de miles de años, tal vez se reduzca la temperatura, desencadenándose la próxima glaciación, o puede que simplemente no llegue a producirse ese cambio.

En el Cretácico, sin intervención humana, el CO_2 era más elevado que ahora y la Tierra estaba 8°C más cálida.

Véase también: Oscurecimiento global e influencia antropogénica sobre el clima



Clima de planetas vecinos

Como se ha dicho el dióxido de carbono cumple un papel regulador fundamental en nuestro planeta sin embargo el CO_2 no puede conjugar cualquier desvío e incluso a veces puede fomentar un efecto invernadero desbocado mediante un proceso de retroalimentación.

- Venus tiene una atmósfera cuya presión es 94 veces la terrestre, y está compuesta en un 97% de CO_2 . La inexistencia de agua impidió la extracción del anhídrido carbónico de la atmósfera, éste se acumuló y provocó un efecto invernadero intenso que aumentó la temperatura superficial hasta 465 °C, capaz de fundir el plomo. Quizá la menor distancia al Sol haya sido determinante para sentenciar al planeta a sus condiciones infernales que vive en la actualidad. Hay que recordar que pequeños cambios pueden desencadenar un mecanismo retroalimentador y si éste es suficientemente poderoso se puede llegar a descontrolar dominando por encima de todos los demás factores hasta dar unas condiciones extremas como las de Venus. Toda una advertencia sobre el posible futuro que podría depararle a la Tierra.
- En Marte la atmósfera tiene una presión de sólo seis hectopascales y aunque está compuesta en un 96 % de CO_2 , el efecto invernadero es escaso y no puede impedir ni una oscilación diurna del orden de 55 °C en la temperatura, ni las bajas temperaturas superficiales que alcanzan mínimas de -86 °C en latitudes medias. Pero parece ser que en el pasado gozó de mejores condiciones llegando a correr el agua por su superficie como demuestran la multitud de canales y valles de erosión. Pero ello fue debido a una mayor concentración de dióxido de carbono en su atmósfera. El gas provendría de las emanaciones de los grandes volcanes marcianos que provocarían un proceso de desgasificación semejante al acaecido en nuestro planeta. La diferencia sustancial es que el diámetro de Marte mide la mitad que el terrestre. Esto quiere decir que el calor interno era mucho menor y se enfrió hace ya mucho tiempo. Sin actividad volcánica Marte estaba condenado y el CO_2 se fue escapando de la atmósfera con facilidad dado que además tiene menos gravedad que en la Tierra lo que facilita el proceso. También es posible que algún proceso de tipo mineral absorbiera el CO_2 y al no verse compensado por las emanaciones volcánicas provocara su disminución drástica. El caso es que el planeta se enfrió progresivamente a causa de ello hasta congelar el poco CO_2 en los actuales casquetes polares.

Materia multidisciplinar

En el estudio del cambio climático hay que considerar cuestiones pertenecientes a los más diversos campos de la Ciencia: Meteorología, Física, Química, Astronomía, Geografía, Geología y Biología tienen muchas cosas que decir constituyendo este tema un campo multidisciplinar. Las consecuencias de comprender o no plenamente las cuestiones relativas al cambio climático tienen profundas influencias sobre la sociedad humana debiendo abordarse éstas desde puntos de vista muy distintos a los anteriores, como el económico, sociológico o el político.

Océanos

El papel de los océanos en el calentamiento global es complejo. Los océanos sirven de “estanque” para el CO_2 , absorbiendo parte de lo que tendría que estar en la atmósfera. El incremento del CO_2 ha dado lugar a la acidificación del océano. Además, a medida que la temperatura de los océanos asciende, les cuesta mas absorber el exceso de CO_2 .

El calentamiento global esta proyectado para causar diferentes efectos en el océano como por ejemplo, el ascenso del nivel del mar, el deshielo de los glaciares y el calentamiento de la superficie de los océanos... Otros posibles efectos incluyen los cambios en la circulación del océano.

Con el ascenso de la temperatura global el agua en los océanos se expande. El agua de la tierra o de los glaciares pasa a estar en los océanos, como por ejemplo el caso de Groenlandia o “ las capas de hielo del Antártico”. Las predicciones muestran que antes del 2050 el volumen de los glaciares disminuirá en un 60%. Mientras, el estimado total del deshielo glacial sobre Groenlandia es $-239 \pm 23 \text{ km}^3/\text{año}$ (sobre todo en el este de Groenlandia).

De todas maneras, las capas de hielo de la Antártida se prevé que van a aumentar en el siglo XXI debido a un aumento de las precipitaciones. Según el Informe Especial sobre los pronósticos de Misión del IPCC, el pronóstico A1B para mediados del 2090 por ejemplo, el nivel global del mar alcanzará 0,25-0,44m sobre los niveles de 1990. Está aumentando 4mm/año. Desde 1990 el nivel del mar ha aumentado una media de 1,70mm/año; desde 1993, los altímetros del satélite TOPEX/Poseidon indican una media de 3mm/año.

El nivel del mar ha aumentado más de 120m desde el máximo de la última glaciación alrededor de 20000 años atrás. La mayor parte de ello ocurrió hace 7000 años. La temperatura global bajó después del Holoceno Climático causando un descenso del nivel del mar de $0,7 \pm 0,1$ m entre los años 4000 y 2500 antes del presente.

Desde hace de 3000 años hasta el principio del siglo XIX el nivel del mar era casi constante con sólo pequeñas fluctuaciones. Sin embargo, el período cálido medieval puede haber causado cierto incremento del nivel del mar; se han encontrado pruebas en el océano Pacífico de un aumento de quizás 0,9m sobre el nivel actual en 700BP.

En un artículo publicado en 2007, el climatólogo James Hansen (*Hansen et al., 2007*) afirmaba que el hielo de los polos no se derrite de una forma gradual y lineal sino que oscila repentinamente de un estado a otro según los registros geológicos. Es preocupante que los pronósticos de GEIs con los que el IPCC trabaja habitualmente (BAU GHG o *business as usual Greenhouse gases* en sus siglas en inglés) puedan causar unos aumentos del nivel del mar considerable. Este siglo (*Hansen, 2007*) difiere de las estimaciones del IPCC (*IPCC, 2001*)(*IPCC, 2007, pp. 12-14*). Éste predice una pequeña o una nula contribución al aumento del nivel del mar en el siglo XXI en Groelandia y la Antártida; sin embargo, los análisis y proyecciones no tienen en cuenta la física no lineal de la desintegración de la capa de hielo en deshielo, las corrientes de hielo, y las placas erosionantes de hielo. Tampoco se corresponden con las pruebas paleoclimáticas presentadas para la ausencia del retraso perceptible entre la fuerza de la capa de hielo y el aumento del nivel del mar.

El aumento de la temperatura

Desde 1961 hasta 2003 la temperatura global del océano ha subido $0,10^{\circ}\text{C}$ desde la superficie hasta una profundidad de 700m. Hay una variación entre año y año y sobre escalas de tiempo más largas con observaciones globales de contenido de calor del océano mostrando altos índices de calentamiento entre 1991 y 2003, pero algo de enfriamiento desde 2003 hasta 2007. La temperatura del océano Antártico se elevó $0,17^{\circ}\text{C}$ entre los años 50 y 80. Casi el doble de la media para el resto de los océanos del mundo. Aparte de tener efectos para los ecosistemas (por ej. Derritiendo el hielo del mar, afectando al crecimiento de las algas bajo su superficie), el calentamiento reduce la capacidad del océano de absorber el CO_2 .

Sumideros de carbono y acidificación

Se ha comprobado que los océanos del mundo absorben aproximadamente un tercio de los incrementos de CO_2 atmosférico (*Siegenthaler y Sarmiento, 1993*), lo que hace que constituyan el sumidero de carbono más importante. El gas se incorpora bien como gas disuelto o bien en los restos de diminutas criaturas marinas que caen al fondo para convertirse en creta o piedra caliza. La escala temporal de ambos procesos es diferente, y tiene su origen en el → ciclo del carbono. La incorporación de dicho gas al océano plantea problemas ecológicos por la acidificación del mismo (*Dore et al., 2009*). Pero ¿cómo se origina esa acidificación?

El origen del mecanismo es que el agua de mar y el aire están en constante equilibrio en cuanto a la concentración de CO_2 . El gas se incorpora al agua en forma de anión carbonato, según la siguiente reacción (*Dore et al., 2009*):



La liberación de dos protones (H^+) es la que provoca el cambio de pH en el agua. Así, un incremento de dicho gas en la atmósfera comportará un aumento de su concentración en el océano (y una rebaja del pH), mientras que un descenso de su concentración en la atmósfera provocará la liberación del gas desde el océano (y un aumento del pH). Es un mecanismo de tampón que atempera los cambios en la concentración de dióxido de carbono producidos por factores externos, como pueda ser el vulcanismo, la acción humana, el aumento de incendios, etc.^[7]

A una escala muchísimo más lenta, el ión carbonato disuelto en el océano acaba precipitando, asociado con un catión de calcio, formando piedra caliza. Esta piedra caliza acaba incorporándose a la corteza terrestre, y al cabo del tiempo regresa a la atmósfera por las emisiones volcánicas, en forma de CO_2 una vez más, dentro del ciclo geoquímico del carbonato-silicato.^[7] Otra posibilidad es que emerja a la superficie terrestre por procesos tectónicos.

La acidificación tiene su origen, pues, en el rápido tamponamiento del aumento atmosférico de CO_2 . A lo largo de la historia de la Tierra, el ciclo geoquímico del carbono ha equilibrado esta acidificación, pero actúa más lentamente y nada puede hacer para moderar acidificaciones intensas provocadas por aumentos bruscos del dióxido de carbono en el aire.

Véase también: Efectos potenciales del calentamiento global#Acidificación del océano

El cierre de la circulación térmica

Se especula que el calentamiento global podría, via cierre o disminución de la circulación térmica, provocar un enfriamiento localizado en el Atlántico Norte y llevar al enfriamiento o menor calentamiento a esa región. Esto afectaría en particular a áreas como Escandinavia y Gran Bretaña, que son calentadas por la corriente del Atlántico Norte. Mas significadamente, podría llevar a una situación oceánica de anoxia.

La posibilidad de este colapso en la circulación no es clara; hay ciertas pruebas para la estabilidad de la corriente del Golfo y posible debilitamiento de la corriente del Atlántico Norte. Sin embargo, el grado de debilitamiento, y si será suficiente para el cierre de la circulación, está en debate todavía. Sin embargo no se ha encontrado ningún enfriamiento en el norte de Europa y los mares cercanos.

Cultura popular

• Cine:

- «*Una verdad incómoda*»: El político norteamericano Al Gore trata el tema del cambio climático, concretamente el → calentamiento global en esta película documental, basada en una serie de conferencias que ha dado por todo el mundo. Ha recibido críticas por parte de algunos autores, como el profesor danés Bjørn Lomborg.
- «*La gran estafa del calentamiento global* ^[8]»: Documental de Martin Durkin producido por la cadena británica Channel 4 que cuestiona la influencia del hombre y el CO_2 en el calentamiento global.^[9] La obra ha recibido críticas por algunos sectores como el Ofcom, el *regulador de los medios de comunicación* británicos, por determinar que no ha cumplido las reglas de imparcialidad y veracidad básicas.^[10]
- «**El día de mañana**»: Además del documental de Al Gore, hay películas de ciencia ficción que han marcado un impacto en la cultura popular sobre el Cambio Climático. Tal es el caso de este filme presentado en 2004 bajo la dirección de Roland Emmerich. Ha recibido críticas de algunos autores como Myles Allen por su falta de rigor científico.^[11]

• Literatura:

- «**Estado de miedo**»: Novela *tecno-thriller* de Michael Crichton cuyo hilo conductor es el cambio climático. Ha recibido críticas de algunos autores como Myles Allen por su falta de rigor científico.^[12]

Véase también

- Antiglobalización y Globalización
- Balance radiativo terrestre
- Biocombustible y los biocombustibles directos (biodiésel y biobutanol).
- → Calentamiento global
- Cambio climático en España
- Clima
- Contaminación
- → Deforestación
- Derecho de emisión
- Desarrollo sostenible
- Ecologismo
- Economía ecológica
- Efecto invernadero
- Efectos del Calentamiento Global
- Energía renovable
- Huella ecológica
- Impacto ambiental
- Mínimo de Maunder
- Oficina Española de Cambio Climático (Ministerio de Medio Ambiente de España)
- Oscurecimiento global
- Permacultura y Agroecología
- Propulsión alternativa
- Vehículo híbrido

Bibliografía

- Charlson, R.J.; Schwartz, S.E.; Hales, J.M.; y otros (1992), "Climate Forcing by Anthropogenic Aerosols" (en english), *Science* **255** (5043): 423-430, doi:10.1126/science.255.5043.423 ^[13], ISSN 1095-9203 ^[14], PMID 17842894 ^[15]
- Crowley, Thomas J.; North, Gerald R. (1988), "Abrupt Climate Change and Extinction Events in Earth History" (en english), *Science* **240** (4855): 996-1002, doi:10.1126/science.240.4855.996 ^[16], ISSN 1095-9203 ^[14]
- Dore, John E.; Lukas, Roger; Sadler, Daniel W.; y otros (2009), "Physical and biogeochemical modulation of ocean acidification in the central North Pacific ^[17]" (en english), *PNAS* **106** (30): 12235-12240, doi:10.1073/pnas.0906044106 ^[18], ISSN 0027-8424 ^[19]
- Hansen, James; Sato, Makiko; Kharecha, Pushker; y otros (2007), "Climate change and trace gases ^[20]" (en english), *Philosophical Transactions of the Royal Society A* **365** (1866): 1925-1954, doi:10.1098/rsta.2007.2052 ^[21], ISSN 1364-503X ^[22]
- Hansen, James (2007), "Scientific reticence and sea level rise ^[23]" (en english), *Environmental Research Letters* **2** (2): 0204002, doi:10.1088/1748-9326/2/2/024002 ^[24], ISSN 1748-9326 ^[25]
- Hughes, Lesley (2001), "Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?" (en english), *Trends in Ecology and Evolution* **15** (2): 56-61, doi:10.1016/S0169-5347(99)01764-4 ^[26], ISSN 0169-5347 ^[27]
- IPCC (2001). J T Houghton *et al* (ed.). *Climate Change 2001: The Scientific Basis* ^[28]. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0521807670.

- IPCC (2007). «Resumen para responsables de políticas», Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (ed.). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* ^[29]. Ginebra: Cambridge University Press. ISBN 9291693227.
- Knutti, Retto; Hegerl, Gabriele C. (2008), "The equilibrium sensitivity of the Earth's temperature to radiation changes ^[30]" (en english), *Nature Geoscience* **1** (11): 735-743, doi:10.1038/ngeo337 ^[31], ISSN 1752-0894 ^[32]
- Oreskes, Naomi (2004), "Beyond the Ivory Tower. The Scientific Consensus on Climate Change" (en english), *Science* **306** (5702): 1686, doi:10.1126/science.1103618 ^[33], ISSN 1095-9203 ^[14]
- Roe, Gerard H.; Baker, Marcia B. (2007), "Why Is Climate Sensitivity So Unpredictable?" (en english), *Science* **318** (5850): 629-632, doi:10.1126/science.1144735 ^[34], ISSN 1095-9203 ^[14]
- Schnellhuber, Hans Joachim (2008), "Global warming: Stop worrying, start panicking?" (en english), *PNAS* **105** (38): 14239-14240, doi:10.1073/pnas.0807331105 ^[35], ISSN 0027-8424 ^[19]
- Siegenthaler, U.; Sarmiento, J.L. (1993), "Atmospheric carbon dioxide and the ocean ^[36]" (en english), *Nature* **365** (6442): 119-125, doi:10.1038/365119a0 ^[37], ISSN 0028-0836 ^[38]
- Stainforth, D.A.; Aina, T; Christensen, C; y otros (2005), "Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases ^[39]" (en english), *Nature* **433** (7024): 403-406, doi:10.1038/nature03301 ^[40], ISSN 0028-0836 ^[38]
- Stern, Nicholas (2008), "The Economics of Climate Change ^[41]" (en english), *American Economic Review* **98** (2): 1-37, doi:10.1257/aer.98.2.1 ^[42], ISSN 0002-8282 ^[43]
- Svensmark, Henrik (2007), "Cosmoclimatology: a new theory emerges" (en english), *Astronomy & Geophysics* **48** (1): 1.18-1.24, doi:10.1111/j.1468-4004.2007.48118.x ^[44], ISSN 1366-8781 ^[45]
- Walther, Gian-Reto; Post, Eric; Convey, Peter; y otros (2002), "Ecological responses to recent climate change ^[46]" (en english), *Nature* **416** (6879): 389-395, doi:10.1038/416389a ^[47], ISSN 0028-0836 ^[38]

Bibliografía complementaria

- James Trefil (2005). *Gestionemos la naturaleza*. Antoni Bosch editor. ISBN 978-84-95348-20-3.
- Manuel Vargas Yáñez, *et al.* (2008). *Cambio Climático en el Mediterráneo español* ^[48]. Instituto Español de Oceanografía. ISBN 84-95877-39-2.
- William F. Ruddiman (2008). *Los tres jinetes del cambio climático*. Turner. ISBN 978-84-7506-852-7.

Enlaces externos

Wikinoticias

-  Wikinoticias tiene noticias relacionadas con **Cambio climático**.

Wikiquote

-  Wikiquote alberga frases célebres de o sobre **Cambio climático**.

En español

- Observatorio de Cambio Climático en español ^[49]
- La Onda Verde de NRDC ^[50]
- Página especial de Greenpeace sobre Cambio Climático -Revolución Renovable- ^[51]
- Página web de la UE sobre cambio climático ^[52]
- Consenso científico sobre el cambio climático ^[53] resumen del informe IPCC 2007, elaborado por GreenFacts.
- Greenpeace sobre el Cambio Climático ^[54]
- Ley estatal española 1/2005 de derechos de emisión de gases de efecto invernadero ^[55] (PDF).

Otros idiomas

- Web de la ONU para el cambio global ^[56] (en inglés).
- Programa para el cambio global ^[57] (en inglés).
- Real Climate ^[58] Blog realizado por expertos climatólogos en activo.
- Climate Audit ^[59] El influyente blog de Stephen McIntyre dedicado al análisis y debate del cambio climático (en inglés).
- Watts Up With That ^[60]. Blog sobre novedades del clima de Anthony Watts con más de 15 millones de visitas mensuales. Votado como el mejor blog científico del año 2008. (en inglés)

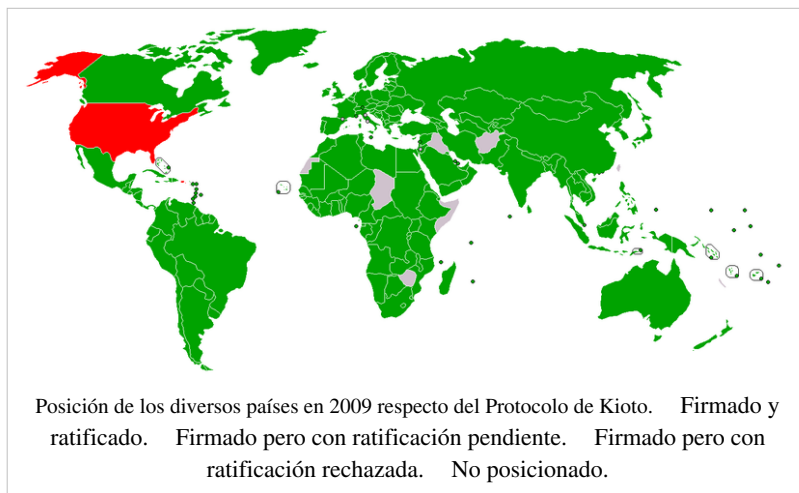
Referencias

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Cambio_clim%C3%A1tico
- [2] Venus se parecía mucho a la Tierra. (<http://www.que.es/ultimas-noticias/sociedad/200907141340-venus-parecia-tierra.html>) Diario Qué, consultado el 29 de julio de 2009.
- [3] Kintisch, Eli (24 de febrero de 2006). «Evangelicals, Scientists Reach Common Ground on Climate Change (<http://www.sciencemag.org/cgi/reprint/311/5764/1082a.pdf>)» (en inglés). *Science*. Vol. 311, n.º 5764, pp. 1082-1083. AAAS. ISSN 0028-0836 (<http://www.worldcat.org/issn/0028-0836>). DOI 10.1126/science.311.5764.1082a (<http://dx.doi.org/10.1126/science.311.5764.1082a>). Consultado el 6 de julio de 2009.
- [4] Desaparición de los cirros: el calentamiento podría adelgazar las nubes que atrapan el calor. (<http://www.meteored.com/ram/444/desaparicion-de-los-cirros-el-calentamiento-podria-adelgazar-las-nubes-que-atrapan-el-calor/>) RAM, Revista del Aficionado a la Meteorología. Consultado el 29 de julio de 2009.
- [5] Open University
- [6] Open.ac.uk/Earth-Sciences ([http://www3.open.ac.uk/earth-sciences/downloads/Press Release.pdf](http://www3.open.ac.uk/earth-sciences/downloads/Press%20Release.pdf))
- [7] Jaramillo, Víctor J.. «El ciclo global del carbono (<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/437/jaramillo.html>)». México: Instituto Nacional de Ecología. Consultado el 1 de agosto de 2009.
- [8] <http://www.greatglobalwarmingswindle.co.uk/index.html>
- [9] Channel 4. «The Great Global Warming Swindle from Channel4.com (http://www.channel4.com/science/microsites/G/great_global_warming_swindle/)» (en inglés). Consultado el 12 de julio de 2009. «A film that challenges the commonly-held view that mankind is responsible for global warming and argues it may be all down to the effect of the sun's radiation.»
- [10] PÚBLICO (21 de julio de 2008 20:35). «El timo de 'El gran timo del calentamiento global' (<http://www.publico.es/ciencias/136300/timo/calentamiento/global/cambio/climatico/channel4/escepticos>)». Consultado el 12 de julio de 2009. «El regulador de los medios de comunicación británicos ha determinado que el documental no fue objetivo ni imparcial.»
- [11] Allen, Myles (27 de mayo de 2004). «Film: Making heavy weather (<http://www.nature.com/nature/journal/v429/n6990/full/429347a.html>)» (en inglés). *Nature*. Vol. 429, n.º 6990, pp. 347-348. McMillan. ISSN 0028-0836 (<http://www.worldcat.org/issn/0028-0836>). DOI 10.1038/429347a (<http://dx.doi.org/10.1038/429347a>). Consultado el 6 de julio de 2009.
- [12] Allen, Myles (20 de enero de 2005). «A novel view of global warming (<http://www.nature.com/nature/journal/v433/n7023/full/433198a.html>)» (en inglés). *Nature*. Vol. 433, n.º 7023, pp. 198. McMillan. ISSN 0028-0836 (<http://www.worldcat.org/issn/0028-0836>). DOI 10.1038/433198a (<http://dx.doi.org/10.1038/433198a>). Consultado el 6 de julio de 2009.
- [13] <http://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.255.5043.423>
- [14] <http://worldcat.org/issn/1095-9203>
- [15] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17842894>
- [16] <http://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.240.4855.996>
- [17] <http://www.pnas.org/content/106/30/12235.full>
- [18] <http://dx.doi.org/10.1073%2Fpnas.0906044106>
- [19] <http://worldcat.org/issn/0027-8424>

- [20] <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/365/1856/1925.full>
- [21] <http://dx.doi.org/10.1098%2Fsta.2007.2052>
- [22] <http://worldcat.org/issn/1364-503X>
- [23] http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/2/2/024002/erl7_2_024002.html
- [24] <http://dx.doi.org/10.1088%2F1748-9326%2F2%2F2%2F024002>
- [25] <http://worldcat.org/issn/1748-9326>
- [26] <http://dx.doi.org/10.1016%2FS0169-5347%2899%2901764-4>
- [27] <http://worldcat.org/issn/0169-5347>
- [28] <http://www.acrim.com/Reference%20Files/CLIMATECHANGE%202001%20-%20The%20Scientific%20Basis.pdf>
- [29] http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- [30] <http://www.iac.ethz.ch/people/knuttir/papers/knutti08natgeo.pdf>
- [31] <http://dx.doi.org/10.1038%2Fngeo337>
- [32] <http://worldcat.org/issn/1752-0894>
- [33] <http://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.1103618>
- [34] <http://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.1144735>
- [35] <http://dx.doi.org/10.1073%2Fpnas.0807331105>
- [36] http://www.gfdl.noaa.gov/bibliography/related_files/us9301.pdf
- [37] <http://dx.doi.org/10.1038%2F365119a0>
- [38] <http://worldcat.org/issn/0028-0836>
- [39] https://www.lse.ac.uk/collections/cats/papersPDFs/66_EvaluatingUncertainty_Nature_2005.pdf
- [40] <http://dx.doi.org/10.1038%2Fnature03301>
- [41] http://www.bioenergy-world.com/americas/2006/IMG/pdf/stern_summary___what_is_the_economics_of_climate_change.pdf
- [42] <http://dx.doi.org/10.1257%2Faer.98.2.1>
- [43] <http://worldcat.org/issn/0002-8282>
- [44] <http://dx.doi.org/10.1111%2Fj.1468-4004.2007.48118.x>
- [45] <http://worldcat.org/issn/1366-8781>
- [46] <http://eebweb.arizona.edu/courses/Ecol206/Walther%20et%20al%20Nature%202002.pdf>
- [47] <http://dx.doi.org/10.1038%2F416389a>
- [48] http://www.ieo.es/apartar/varios/libro_cambio_climatico.pdf
- [49] <http://www.cambioclimatico.org/>
- [50] <http://www.nrdc.org/laondaverde/>
- [51] <http://www.greenpeace.org/espana/r-evoluci-n-renovable/>
- [52] <http://www.climatechange.eu.com/>
- [53] <http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico-ie4/index.htm>
- [54] <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/energ-a-y-cambio-climatico>
- [55] http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/normativa_cc/pdf/a08405-08420.pdf
- [56] <http://www.ipcc.ch>
- [57] <http://www.usgcrp.gov>
- [58] <http://www.realclimate.org/>
- [59] <http://climateaudit.org/>
- [60] <http://wattsupwiththat.com/>

Protocolo de Kioto sobre el cambio climático

El **Protocolo de Kioto sobre el cambio climático**^[1] es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores del → calentamiento global: dióxido de carbono (CO_2), gas → metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6), en un porcentaje aproximado de al menos un



5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990. Por ejemplo, si la contaminación de estos gases en el año 1990 alcanzaba el 100%, al término del año 2012 deberá ser al menos del 95%. Es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5% como mínimo, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país obligado por Kioto tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir.

Este instrumento se encuentra dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro. El protocolo vino a dar fuerza vinculante a lo que en ese entonces no pudo hacer la CMNUCC.

Antecedentes

El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados se comprometieron, en la ciudad de Kioto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero. Los gobiernos signatarios de dichos países pactaron reducir en al menos un 5% de media las emisiones contaminantes entre 2008 y 2012, tomando como referencia los niveles de 1990. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004.

El objetivo principal es disminuir el → cambio climático antropogénico cuya base es el → efecto invernadero. Según las cifras de la ONU, se prevé que la temperatura media de la superficie del planeta aumente entre 1,4 y 5,8 °C de aquí a 2100, a pesar que los inviernos son más fríos y violentos. Esto se conoce como → Calentamiento global. «*Estos cambios repercutirán gravemente en el ecosistema y en nuestras economías*», señala la Comisión Europea sobre Kioto.

Una cuestión a tener en cuenta con respecto a los compromisos en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es que la energía nuclear queda excluida de los mecanismos financieros de intercambio de tecnología y emisiones asociados al Protocolo de Kioto,^[2] pero es una de las formas de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en cada país.^[3] Así, el IPCC en su cuarto informe, recomienda la energía nuclear como una de las tecnologías clave para la mitigación del → calentamiento global.^[4]

Entrada en vigor

Se estableció que el compromiso sería de obligatorio cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables de, al menos, un 55% de las emisiones de CO₂. Con la ratificación de Rusia en noviembre de 2004, después de conseguir que la UE pague la reconversión industrial, así como la modernización de sus instalaciones, en especial las petroleras, el protocolo ha entrado en vigor.

Además del cumplimiento que estos países han hecho en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que se utilice también energías no convencionales y así disminuya el calentamiento global.

Respecto de los países en desarrollo, el Protocolo no exige a bajar sus emisiones, aunque sí deben dar señas de un cambio en sus industrias.

El gobierno de Estados Unidos firmó el acuerdo pero no lo ratificó (ni Bill Clinton, ni George W. Bush), por lo que su adhesión sólo fue simbólica hasta el año 2001 en el cual el gobierno de Bush se retiró del protocolo, según su declaración, no porque no compartiese su idea de fondo de reducir las emisiones, sino porque considera que la aplicación del Protocolo es ineficiente (Estados Unidos, con apenas el 4% de la población mundial, consume alrededor del 25% de la energía fósil y es el mayor emisor de gases contaminantes del mundo^[5]) e injusta al involucrar sólo a los países industrializados y excluir de las restricciones a algunos de los mayores emisores de gases en vías de desarrollo (China e India en particular), lo cual considera que perjudicaría gravemente la economía estadounidense.^[cita requerida]

La Unión Europea y España en el Protocolo de Kioto

La Unión Europea, como agente especialmente activo en la concreción del Protocolo, se comprometió a reducir sus emisiones totales medias durante el periodo 2008-2012 en un 8% respecto de las de 1990. No obstante, a cada país se le otorgó un margen distinto en función de diversas variables económicas y medioambientales según el principio de «reparto de la carga», de manera que dicho reparto se acordó de la siguiente manera Unión Europea: Alemania (-21%), Austria (-13%), Bélgica (-7,5%), Dinamarca (-21%), Italia (-6,5%), Luxemburgo (-28%), Países Bajos (-6%), Reino Unido (-12,5%), Finlandia (-2,6%), Francia (-1,9%), España (+15%), Grecia (+25%), Irlanda (+13%), Portugal (+27%) y Suecia (+4%).

Por su parte, España -que, como vemos, se comprometió a aumentar sus emisiones un máximo del 15% en relación al año base- se ha convertido en el país miembro que menos posibilidades tiene de cumplir lo pactado. En concreto, el incremento de sus emisiones en relación a 1990 durante los últimos años ha sido como sigue: 1996: 7%; 1997: 15%; 1998: 18%; 1999: 28%; 2000: 33%; 2001: 33%; 2002: 39%; 2003: 41%; 2004: 47%; 2005: 52%; 2006: 49%; 2007: 52%; 2008: 42,7%. Esta información puede consultarse en el Inventario Español de Gases de Efecto Invernadero^[6] que incluye el envío oficial a la Comisión Europea y al Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.^[7]

El problema que supone para España esta distribución de compromisos de umbrales de emisiones es que implica techos económicos diferentes para cada país de la Unión Europea. España, desde 1990, obtuvo un crecimiento económico espectacular, traduciéndose éste último en un aumento del transporte y el consumo energético de las familias y la industria. Esta explicación de los techos económicos diferentes se complementa con el hecho de que el consumo energético es directamente proporcional al desarrollo económico y el nivel de emisiones de CO₂ es proporcional al consumo energético. Por ello, dentro de un mercado libre y competitivo en la Unión Europea, España está en desigualdad de condiciones con respecto al resto de países. Además, España, bastante alejada de sus compromisos, es el segundo país mundial en producción de energía eólica y el país referencia en % de energía renovable sobre la total consumida. El objetivo de España debe ser el de seguir este camino de aumento de renovables, aumentar la eficiencia y razonabilidad de los consumos y exigir la igualdad en límites de cantidades de CO₂ por habitante y año con los demás países de la Unión Europea. Quizás también aumentar la generación de

energía nuclear, siempre barata aunque con el problema de los residuos nucleares, en los términos en los que se limitan las energías renovables. Estas limitaciones, concretamente para el caso de la energía eólica, radican en su irregularidad generadora, las inestabilidades que producen en la Red Eléctrica Española, y su incapacidad para regular la carga generada. Recordemos que la generación de la energía volcada a la red debe ser igual a la que se consume en cada momento. Ya que esta segunda oscila constantemente, la energía generada debe adaptarse mediante la regulación y la planificación horaria.

La Argentina y el Protocolo de Kioto

La República Argentina, como país en desarrollo y con aproximadamente el 0,6 por ciento del total de las emisiones mundiales, no estaba obligada a cumplir las metas cuantitativas fijadas por el Protocolo de Kioto. Pese a ello ratificó el acuerdo, previa aprobación del Congreso Nacional el día 13 de julio de 2001, a través de la ley nacional 25.438 ^[8]. En consecuencia, su condición de país adherente hace que deba comprometerse con la reducción de emisiones o, al menos, con su no incremento.

Cabe destacar que la Argentina sólo participa del Artículo 12 del mencionado protocolo, llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Un proyecto en el marco del MDL es un proyecto de reducción de emisiones o secuestro de carbono que se lleva a cabo en un país en desarrollo. Para promover Proyectos para el MDL la Argentina tiene una Oficina para el Mecanismo de Desarrollo Limpio ^[9](OAMDL).

Después de Kioto

Las llamadas "Partes" (miembros de la CMNUCC) se reunieron por primera vez para su seguimiento en Montreal, Canadá, en 2005 ^[10], donde se estableció el llamado Grupo de Trabajo Especial sobre los Futuros Compromisos de las Partes del Anexo I en el marco del Protocolo de Kioto (GTE-PK), orientado a los acuerdos a tomar para después de 2012.

En diciembre de 2007, en Bali, Indonesia ^[11], se llevó a cabo la tercera reunión de seguimiento, así como la 13ª cumbre del clima (CdP 13 o COP13), con el foco puesto en las cuestiones post 2012. Se llegó a un acuerdo sobre un proceso de dos años, u "hoja de ruta de Bali", que tiene como objetivo establecer un régimen post 2012 en la XV Conferencia sobre Cambio Climático, (también "15ª cumbre del clima", CdP 15 o COP15) de diciembre de 2009, en Copenhague, Dinamarca ^[12].

Esa "hoja de ruta" se complementa con el Plan de Acción de Bali, que identifica cuatro elementos clave: mitigación, adaptación, finanzas y tecnología. El Plan también contiene una lista no exhaustiva de cuestiones que deberán ser consideradas en cada una de estas áreas y pide el tratamiento de "una visión compartida para la cooperación a largo plazo".

Véase también

- Bonos de carbono
 - → Calentamiento global
 - → Cambio climático
 - Comercio de derechos de emisión
 - → Efecto invernadero
 - → Influencia antropogénica sobre el clima
 - Mecanismo de desarrollo limpio
 - Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea
-

Enlaces externos

Commons

-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Protocolo de Kioto**.

Noticia

-  Artículos en Wikinoticias: Este miércoles entra en vigor el Protocolo de Kioto
- Texto del Tratado en español, en la web de las Naciones Unidas ^[13]
- Resumen del Protocolo de Kioto ^[14]
- Protocolo de Kioto, (texto completo (en español) ^[15]
- Síntesis del tratado en europa.eu ^[16]
- Una visión heterodoxa del Protocolo de Kioto ^[17], a cargo del climatólogo Antón Uriarte.]
- Artículo sobre el CO2 (enfoque heterodoxo). ^[18]
- Sitio web liderado por el ex-vicepresidente de EE.UU. ^[19] Al Gore que resume lo planteado en su reciente documental «Una verdad incómoda». (inglés)
- Gobierno español apunta que el «constante aumento» de emisiones de CO2 de los vehículos dificulta «gravemente» cumplir con ^[20] el Protocolo de Kioto.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de la ONU ^[21]*No existe ninguna evidencia de que el CO2 aumente la temperatura del planeta ^[22]. Informe de Geoffrey G. Duffy. No puede considerarse una fuente de información científica, sino una revista política de carácter ultraconservador.
- Camino al Protocolo de Copenhague 2009 ^[23] Información sobre el proceso de negociación que culminará en Copenhague en diciembre de 2009.
- Desafío de Liderazgo Climático para las Compañías de Tecnologías de la Información (en inglés) ^[24]
- Oficina Argentina del Mecanismo para un Desarrollo Limpio ^[9]
- El Protocolo de Kyoto y el Mecanismo para un Desarrollo Limpio: Nuevas posibilidades de inversión para el sector forestal ^[25]

Referencias

- [1] Texto del protocolo de Kioto en español (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>)
- [2] Cumbre de Bonn del Convenio Marco de Protección del Clima. julio de 2001.
- [3] La energía nuclear se contempla como uno de los mecanismos para combatir el cambio climático. (http://www.iaea.org/NewsCenter/News/2007/climatechange_ipcc.html)
- [4] Resumen del cuarto informe del IPCC para políticos. (en inglés) (http://www.mnp.nl/ipcc/docs/FAR/Approved_SPM_WGIII_0705rev5.pdf)
- [5] Reflexiones del compañero Fidel: ¡Ojalá me equivoque! (http://www.visionesalternativas.com/index.php?option=com_content&task=view&id=44921&Itemid=1)
- [6] http://www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/atmosfera/emisiones/inventario.htm
- [7] Inventario de Emisiones a la Atmósfera de España 1990-2007 (http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/pdf/Sumario_Inventario_de_Emisiones_GEI-serie1990-2007.pdf)
- [8] <http://www.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/65000-69999/67901/norma.htm>
- [9] http://www2.medioambiente.gov.ar/cambio_climatico/oamdl/default.htm
- [10] http://unfccc.int/meetings/cop_11/items/3394.php
- [11] http://unfccc.int/meetings/cop_13/items/4049.php
- [12] <http://www.copenhagen2009.blogspot.com>
- [13] <http://untreaty.un.org/English/notpubl/kyoto-sp.htm>
- [14] <http://www.cambioclimatico.org/content/resumen-del-protocolo-de-kyoto>
- [15] <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- [16] <http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28060.htm>
- [17] <http://biblioweb.sindominio.net/escepticos/kioto.html>
- [18] <http://www.ingeba.euskalnet.net/lurralde/lurranet/lur31/31uriart/31uriart.htm>
- [19] <http://www.climatecrisis.net>
- [20] http://www.ecoticias.com/detalle_noticia.asp?id=27650
- [21] <http://www.ipcc.ch/>

- [22] <http://www.libertaddigital.com/sociedad/no-existe-ninguna-evidencia-de-que-el-co2-aumente-la-temperatura-del-planeta-1276337910/>
 [23] <http://www.copenhagen2009.blogspot.com/>
 [24] <http://www.greenpeace.org/international/campaigns/climate-change/it-climate-leadership/>
 [25] <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/silvo/cambiocli.pdf>

Calentamiento global



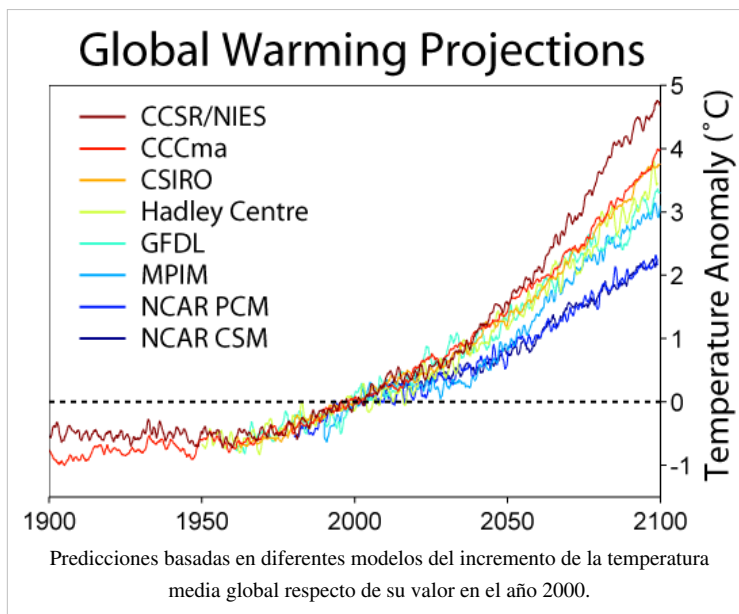
Uno o varios wikipedistas están trabajando actualmente en extender este artículo o sección.

Es posible que, a causa de ello, haya lagunas de contenido o deficiencias de formato. Es posible ayudar y editar pero, por favor, antes de realizar correcciones mayores, contacta con ellos en su página de usuario para poder coordinar la redacción.

Calentamiento global es un término utilizado habitualmente en dos sentidos:

1. Es el fenómeno observado en las medidas de la temperatura que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas.
2. Es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas.

Algunas veces se utilizan las denominaciones → cambio climático, que designa a cualquier cambio en el clima, o → cambio climático antropogénico, donde se considera implícitamente la influencia de la actividad humana. Calentamiento global y → efecto invernadero no son sinónimos. El efecto invernadero acrecentado por la contaminación puede ser, según algunas teorías, la causa del calentamiento global observado actualmente.^[*cita requerida*]



La temperatura del planeta ha venido elevándose desde mediados del siglo XIX, cuando se puso fin a la etapa conocida como la pequeña edad de hielo.

Cualquier tipo de cambio climático además implica cambios en otras variables. La complejidad del problema y sus múltiples interacciones hacen que la única manera de evaluar estos cambios sea mediante el uso de modelos computacionales que intentan simular la física de la atmósfera y del océano y que tienen una precisión limitada debido al desconocimiento del funcionamiento de la atmósfera.

La teoría antropogénica predice que el calentamiento global continuará si lo hacen las emisiones de → gases de efecto invernadero (GEI). El cuerpo de la ONU encargado del análisis de los datos científicos es el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés de *Inter-Governmental Panel on Climate Change*). El IPCC indica que "[...]La mayoría de los aumentos observados en las temperaturas medias del globo desde la mitad del siglo XX son muy probablemente debidos al aumento observado en las concentraciones de GEI antropogénicas."^[1]

El Protocolo de Kyoto, acuerdo promovido por el IPCC,^[*cita requerida*] promueve una reducción de emisiones contaminantes (principalmente CO₂). El protocolo ha sido tachado en ciertas ocasiones de injusto,^[*cita requerida*] ya que el incremento de las emisiones tradicionalmente está asociado al desarrollo económico, con lo que las naciones a las que más afectaría el cumplimiento de este protocolo podrían ser aquellas zonas menos desarrolladas. No obstante,

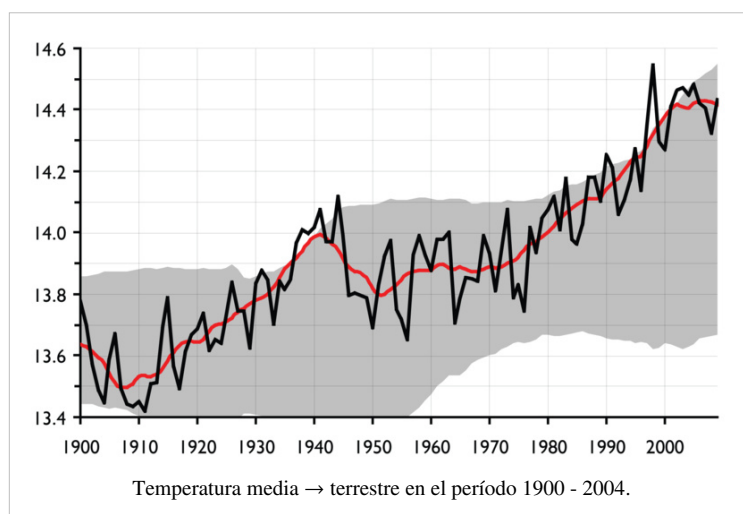
en el citado protocolo las naciones en desarrollo (incluidas China o la India) están exentas de contener sus emisiones de GEIs.

La comunidad científica mantiene un consenso extraordinariamente amplio, más allá del IPCC, en torno a la aceptación del origen antropogénico del calentamiento global. Sin embargo, existe un intenso debate político y en los medios de comunicación sobre si realmente hay evidencia científica del mismo. Este debate también es alentado por aquellas empresas cuyos beneficios podrían mermar a consecuencia del control de emisiones de CO_2 (Oreskes, 2004). A modo de ejemplo, en enero de 2009 la minoría republicana del Senado de los Estados Unidos elaboró una lista con más de 700 científicos que disientían del origen antrópico de los cambios de temperatura de la Tierra;^[2] sin embargo, no hay publicaciones científicas que respalden esa disidencia (Oreskes, 2004).

Registros de temperatura

El período sobre el que se discute la evolución de la temperatura varía, a menudo, indebidamente, según la tesis que se quiere defender. En ocasiones desde la Revolución Industrial, otras desde el comienzo de un registro histórico global de temperatura alrededor de 1860; o sobre el siglo XX, o los 50 años más recientes.

La década más calurosa del pasado siglo XX fue, con diferencia, la de los años 90. Los que niegan que haya calentamiento encuentran culpable que muchos gráficos empleados para mostrar el calentamiento



empiecen en 1970, cuando comienza a subir de nuevo la temperatura después de 36 años de un ligero descenso. Señalan que durante los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial se incrementó mucho la emisión de los gases de efecto invernadero, y afirman, falsamente,^[3] que en la época predominó entre los especialistas la alarma por un posible oscurecimiento global o enfriamiento global a finales del siglo XX.^[4] La interpretación actual, dentro del emergente consenso científico sobre el cambio climático, del enfriamiento relativo de mediados de siglo, lo atribuye al aumento en las emisiones de aerosoles claros, que amplifican el albedo, determinando un forzamiento negativo. Su reducción siguió a la sustitución de combustibles y tecnologías por otros que emiten menos de estos aerosoles, en parte por las medidas de lucha contra la contaminación urbana e industrial y la lluvia ácida en los países desarrollados, de manera que el aumento en la emisión global de aerosoles se ha frenado.

En los últimos 20.000 años el suceso más importante es el final de la Edad de Hielo, hace aproximadamente 12.000 años.^[5] Desde entonces, la temperatura ha permanecido relativamente estable, aunque con varias fluctuaciones como, por ejemplo, el Período de Enfriamiento Medieval o Pequeña Edad del Hielo. Según el IPCC, durante el siglo XX la temperatura promedio de la atmósfera se incrementó entre 0,4 y 0,8 °C.

Las temperaturas en la troposfera inferior se han incrementado entre 0,08 y 0,22 °C por decenio desde 1979 (Lean y Rind, 2008). El aumento de la temperatura no sigue una ley lineal, sino que presenta fluctuaciones debidas a la variabilidad natural, siendo la más notable de ellas el fenómeno de El Niño. Durante el mismo periodo las temperaturas en la superficie terrestre muestran un incremento de aproximadamente 0,15 °C por decenio,^[6] que se contrarrestan en ciclos opuestos del mismo (Lean y Rind, 2008).

Teorías y objeciones

El 15 de junio del 2009 la Fundación BBVA^[7] le otorgó al investigador estadounidense Wallace Broecker el premio *Fronteras del Conocimiento* por haber sido el primero en utilizar la expresión "calentamiento global" en un artículo publicado en la revista *Science*, en 1975 con el título *Cambio climático: ¿Estamos al borde de un calentamiento global pronunciado?* (Broecker, 1975).

El Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de la ONU y Al Gore recibieron conjuntamente el Premio Nobel de la Paz de 2007 «por sus esfuerzos por aumentar y propagar un mayor conocimiento sobre el cambio climático causado por el hombre y poner los cimientos para las medidas que son necesarias para contrarrestar dicho cambio». El presidente del IPCC, en su conferencia de aceptación del Nobel, expresó el «tributo a los millares de expertos y científicos que han contribuido al trabajo (del grupo intergubernamental del IPCC) durante casi dos décadas» y señaló que una de las fuerzas principales del IPCC son los procedimientos y las prácticas que se han establecido durante los pasados años.^[8] Al Gore es autor de *"Earth in the Balance"* (*La Tierra en juego*) y el documental "Una verdad incómoda".

El debate, superado desde hace tiempo el ámbito científico, ha llegado al público. El calentamiento global es motivo de controversia, principalmente por sus repercusiones económicas. Existe un debate social y político sobre la cuestión, en tanto que la comunidad científica internacional ha llegado a un consenso científico suficiente para exigir una acción internacional concertada para aminorar sus efectos (Oreskes, 2004).

Estas acciones y medidas se engloban dentro del → Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, que intenta tener cierto efecto sobre el clima futuro y llevar a cabo otras medidas posteriormente. Se piensa que el daño medioambiental tendrá un impacto tan serio que deben darse pasos inmediatamente para reducir las emisiones de CO₂, a pesar de los costos económicos para las naciones. Por ejemplo Estados Unidos, que produce mayores emisiones de gases de efecto invernadero que cualquier otro país, en términos absolutos, y es el segundo mayor emisor per cápita después de Australia.

Los economistas también han alertado de los efectos desastrosos que tendrá el cambio climático sobre la economía mundial con reducciones de hasta un 20% en el crecimiento, cuando las medidas para evitarlo no sobrepasarían el 1%.^[9] Los daños económicos predichos provendrían principalmente del efecto de las catástrofes naturales, con cuantiosas pérdidas de vidas humanas, por ejemplo en Europa.^[10]

También existen opiniones minoritarias, como Bjørn Lomborg, que ponen en duda el calentamiento global, basándose en los mismos datos usados por los defensores del calentamiento global. La revista *Scientific American* (enero de 2002), dedicó un número especial para refutar el libro de Bjørn Lomborg, donde los autores de los reportes citados por el autor, le acusan de falsearlos o malinterpretarlos.^[11]

Algunos científicos defienden que no están demostradas las teorías que predicen el incremento futuro de las temperaturas, argumentando que las diferencias del índice de calentamiento en el próximo siglo entre los diferentes modelos informáticos es de más del 400%. Sin embargo, en este argumentario omiten que esta horquilla de variación siempre recoge aumentos significativos de la temperatura. Estos científicos escépticos han sido acusados de estar financiados por consorcios petroleros^[12] o presionados por sus fuentes de financiación públicas como el gobierno de los EE. UU..^[13] En cualquier caso, sus supuestos estudios no han conseguido abrirse paso en el sistema de revisión por pares de las publicaciones científicas (Oreskes, 2004).

Los cálculos de Wigley

T.M.L. Wigley, del NCAR,^[14] publicó en 1998^[15] los resultados de la aplicación de un modelo climático a los efectos del Protocolo de Kioto, distinguiendo tres casos en el comportamiento de los países del anexo B del protocolo (los industrializados):

1. que el cumplimiento del protocolo fuera seguido por una sujeción a sus límites, pero sin nuevas medidas de reducción;
2. que el protocolo fuera cumplido, pero no seguido de ninguna limitación (sino de lo que se llama en inglés *bussiness as usual*);
3. que el protocolo, una vez cumplido, se continuara con una reducción de las emisiones del 1% anual.

Las reducciones del calentamiento previsto por el modelo para 2050 (2,5 °C) eran respectivamente 0,11-0,21 °C (aproximadamente 6%), 0,06-0,11 °C (3%) y alrededor de 0,35 °C (14%). En todos los casos los resultados son muy modestos. Los llamados escépticos se atuvieron al segundo caso (3% de 2,5 °C, es decir, 0,7 °C) y lo esgrimieron sistemáticamente como prueba de la inutilidad del protocolo de Kioto. Fue usado por ejemplo, en el Congreso de Estados Unidos, aún bajo administración Clinton, para parar la adhesión a Kioto.^[16] Wigley es citado por los opositores a cualquier regulación para declarar que el protocolo de Kyoto es innecesario, por inútil, en contra de la conclusión del propio Wigley para quien es insuficiente, pero aun así es «importante como primer paso hacia la estabilización del sistema climático.»^[15] El propio Wigley ha revisado la cuestión en un trabajo más reciente,^[17] concluyendo que «para estabilizar las temperaturas medias globales, necesitamos finalmente reducir las emisiones de gases de invernadero muy por debajo de los niveles actuales de todo el mundo y los establecidos».

Modelos climáticos

La investigación del clima ha utilizado computadoras desde el comienzo de la informática para aplicar modelos matemáticos complejos (*Le Treut, 1997*). La causa más obvia es que el clima es un fenómeno tremendamente complejo, afectado por multitud de factores, y desde los principios de la meteorología se sabía que la manera de predecir el tiempo era mediante complicadas herramientas matemáticas. Por desgracia, pronto se tuvo constancia de que las dinámicas climáticas resultaban muy afectadas por ínfimos errores de medida, lo que más tarde sería llamado la teoría del caos (*Shukla, 1998*). Afortunadamente, los patrones a gran escala están muy condicionados por factores muy constantes como es la temperatura en superficie, lo que hace más predecibles los cambios de clima como el fenómeno de El Niño o el mismo → calentamiento global.

A la hora de modelizar el clima planetario, se tiene el problema de que todos los fenómenos atmosféricos afectan en mayor o menor medida al clima del planeta, así como factores externos como la radiación solar, luego para desarrollar un buen modelo predictivo, éste ha de tener escala planetaria. Otro gran problema es que sólo conocemos un mundo como el nuestro, así que para validar esos modelos sólo podemos tener en cuenta → cambios climáticos pasados y combinar conocimientos de muy diversas áreas, como la meteorología, la astronomía, la geología, la paleontología o la biología (*The Economist, 1994*).

El uso de modelos es muy criticado desde fuera del ámbito científico (*Le Treut, 1997*) bajo la acusación de ser una mera abstracción de la realidad con mucha incertidumbre. Es cierto que la naturaleza caótica de estos modelos hace que en sí tengan una alta proporción de incertidumbre (*Stainforth et al., 2005*)(*Roe y Baker, 2007*), pero no es óbice para que sean capaces de prever exitosamente fenómenos complejos (*Shukla, 1998*), ni para que sean la herramienta principal de cara a predecir cambios significativos futuros (*Schnellhuber, 2008*)(*Knutti y Hegerl, 2008*) que tengan consecuencias tanto económicas (*Stern, 2008*) como las ya observables a nivel biológico (*Walther et al., 2002*)(*Hughes, 2001*). De hecho, su principal limitante ha sido siempre la potencia de cálculo de las computadoras disponibles, mientras que el aparato físico-matemático en el que se basan no ha sufrido grandes alteraciones a lo largo de los años (*Shukla, 1998*).

Los modelos citados por el IPCC (*IPCC, 2007, p. 6*) muestran que el clima tiene cierta variabilidad natural, pero que el efecto de los GEIs ha sido decisivo para la subida de temperatura observada en las últimas décadas.

Teorías que intentan explicar los cambios de temperatura

El clima varía por procesos naturales tanto internos como externos. Entre los primeros destacan las emisiones volcánicas, y otras fuentes de gases de efecto invernadero (como por ejemplo el metano emitido en las granjas animales). Entre los segundos pueden citarse los cambios en la órbita de la Tierra alrededor del Sol (Teoría de Milankovitch) y la propia actividad solar.

Los especialistas en climatología aceptan que la Tierra se ha calentado recientemente (El IPCC cita un incremento de $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ en el siglo XX). Más controvertida es la posible explicación de lo que puede haber causado este cambio.^[cita requerida] Tampoco nadie discute que la concentración de gases invernadero ha aumentado y que la causa de este aumento es probablemente la actividad industrial durante los últimos 200 años.

También existen diferencias llamativas entre las mediciones realizadas en las estaciones meteorológicas situadas en tierra (con registros en raras ocasiones comenzados desde finales del siglo XIX y en menos ocasiones todavía de una forma continuada) y las medidas de temperaturas realizadas con satélites desde el espacio (todas comenzadas a partir de la segunda mitad del siglo XX). Estas diferencias se han achacado a los modelos utilizados en las predicciones del aumento de temperatura existente en el entorno de las propias estaciones meteorológicas debido al desarrollo urbano (el efecto llamado Isla de calor). Dependiendo del aumento predicho por estos modelos las temperaturas observadas por estas estaciones serán mayores o menores (en muchas ocasiones incluso prediciendo disminuciones de las temperaturas).^[cita requerida]

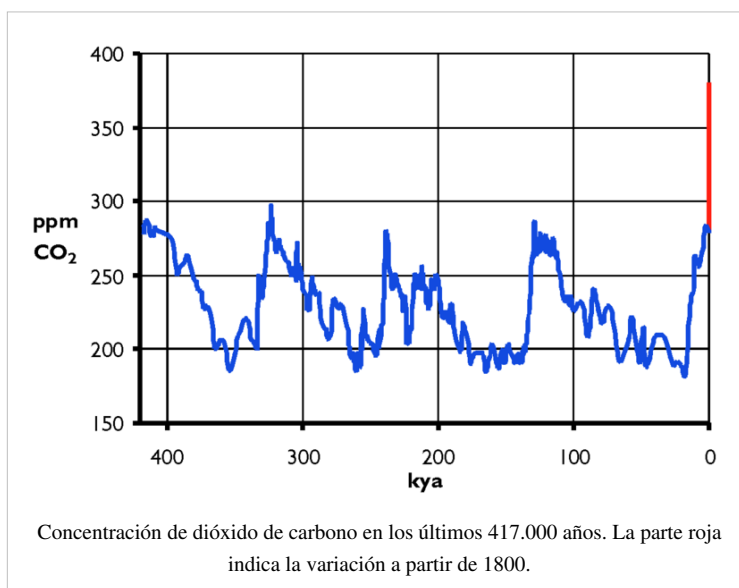
Teoría de los gases invernadero

La hipótesis de que los incrementos o descensos en concentraciones de gases de efecto invernadero pueden dar lugar a una temperatura global mayor o menor fue postulada extensamente por primera vez a finales del s. XIX por Svante Arrhenius, como un intento de explicar las eras glaciales. Sus coetáneos rechazaron radicalmente su teoría.

La teoría de que las emisiones de gases de efecto invernadero están contribuyendo al calentamiento de la atmósfera terrestre ha ganado muchos adeptos y algunos oponentes en la comunidad científica durante el último cuarto de siglo. El IPCC,

que se fundó para evaluar los riesgos de los cambios climáticos inducidos por los seres humanos, atribuye la mayor parte del calentamiento reciente a las actividades humanas. La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (*National Academy of Sciences, NAC*) también respaldó esa teoría. El físico atmosférico Richard Lindzen y otros escépticos se oponen a aspectos parciales de la teoría.

Hay muchos aspectos sutiles en esta cuestión. Los científicos atmosféricos saben que el hecho de añadir dióxido de carbono CO_2 a la atmósfera, sin efectuar otros cambios, tenderá a hacer más cálida la superficie del planeta. Pero hay una cantidad importante de vapor de agua (humedad, nubes) en la atmósfera terrestre, y el vapor de agua es un gas de efecto invernadero. Si la adición de CO_2 a la atmósfera aumenta levemente la temperatura, se espera que más vapor de agua se evapore desde la superficie de los océanos. El vapor de agua así liberado a la atmósfera aumenta a su vez el efecto invernadero (El vapor de agua es un gas de invernadero más eficiente que el CO_2 . A este proceso se le conoce como la retroalimentación del vapor de agua (*water vapor feedback* en inglés). Es esta retroalimentación la



Concentración de dióxido de carbono en los últimos 417.000 años. La parte roja indica la variación a partir de 1800.

causante de la mayor parte del calentamiento que los modelos de la atmósfera predicen que ocurrirá durante las próximas décadas. La cantidad de vapor de agua así como su distribución vertical son claves en el cálculo de esta retroalimentación. Los procesos que controlan la cantidad de vapor en la atmósfera son complejos de modelar y aquí radica gran parte de la incertidumbre sobre el calentamiento global.

El papel de las nubes es también crítico. Las nubes tienen efectos contradictorios en el clima. Cualquier persona ha notado que la temperatura cae cuando pasa una nube en un día soleado de verano, que de otro modo sería más caluroso. Es decir: las nubes enfrían la superficie reflejando la luz del Sol de nuevo al espacio. Pero también se sabe que las noches claras de invierno tienden a ser más frías que las noches con el cielo cubierto. Esto se debe a que las nubes también devuelven algo de calor a la superficie de la Tierra. Si el CO_2 cambia la cantidad y distribución de las nubes podría tener efectos complejos y variados en el clima y una mayor evaporación de los océanos contribuiría también a la formación de una mayor cantidad de nubes.

A la vista de esto, no es correcto imaginar que existe un debate entre los que "defienden" y los que "se oponen" a la teoría de que la adición de CO_2 a la atmósfera terrestre dará como resultado que las temperaturas terrestres promedio serán más altas. Más bien, el debate se centra sobre lo que serán los efectos netos de la adición de CO_2 , y en si los cambios en vapor de agua, nubes y demás podrán compensar y anular este efecto de calentamiento. El calentamiento observado en la Tierra durante los últimos 50 años parece estar en oposición con la teoría de los escépticos de que los mecanismos de autorregulación del clima compensarán el calentamiento debido al CO_2 .

Los científicos han estudiado también este tema con modelos computarizados del clima. Estos modelos se aceptan por la comunidad científica como válidos solamente cuando han demostrado poder simular variaciones climáticas conocidas, como la diferencia entre el verano y el invierno, la Oscilación del Atlántico Norte o El Niño. Se ha encontrado universalmente que aquellos modelos climáticos que pasan estas evaluaciones también predicen siempre que el efecto neto de la adición de CO_2 será un clima más cálido en el futuro, incluso teniendo en cuenta todos los cambios en el contenido de vapor de agua y en las nubes. Sin embargo, la magnitud de este calentamiento predicho varía según el modelo, lo cual probablemente refleja las diferencias en el modo en que los diferentes modelos representan las nubes y los procesos en que el vapor de agua es redistribuido en la atmósfera.

Sin embargo, las predicciones obtenidas con estos modelos no necesariamente tienen que cumplirse en el futuro. Los escépticos en esta materia responden que las predicciones contienen exageradas oscilaciones de más de un 400% entre ellas, que hace que las conclusiones sean inválidas, contradictorias o absurdas. Los ecólogos responden que los escépticos no han sido capaces de producir un modelo de clima que no prediga que las temperaturas se elevarán en el futuro. Los escépticos discuten la validez de los modelos teóricos basados en sistemas de ecuaciones diferenciales, que son sin embargo un recurso común en todas las áreas de la investigación de problemas complejos difíciles de reducir a pocas variables, cuya incertidumbre es alta siempre por la simplificación de la realidad que el modelo implica y por la componente caótica de los fenómenos implicados. Los modelos evolucionan poniendo a prueba su relación con la realidad prediciendo (retrodiendo) evoluciones ya acaecidas y, gracias a la creciente potencia de los ordenadores, aumentando la resolución espacial y temporal, puesto que trabajan calculando los cambios que afectan a pequeñas parcelas de la atmósfera en intervalos de tiempo discretos.

Las industrias que utilizan el carbón como fuente de energía, los tubos de escape de los automóviles, las chimeneas de las fábricas y otros subproductos gaseosos procedentes de la actividad humana contribuyen con cerca de 22.000 millones de toneladas de dióxido de carbono (correspondientes a 6.000 millones de toneladas de carbón puro) y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera terrestre cada año. La concentración atmosférica de CO_2 se ha incrementado hasta un 31% por encima de los niveles pre-industriales, desde 1750. Esta concentración es considerablemente más alta que en cualquier momento de los últimos 420.000 años, el período del cual han podido obtenerse datos fiables a partir de núcleos de hielo. Se cree, a raíz de una evidencia geológica menos directa, que los valores de CO_2 estuvieron a esta altura por última vez hace 40 millones de años. Alrededor de tres cuartos de las emisiones antropogénicas de CO_2 a la atmósfera durante los últimos 20 años se deben al uso de combustibles fósiles. El resto es predominantemente debido a usos agropecuarios, en especial deforestación.^[18]

Los gases de efecto invernadero toman su nombre del hecho de que no dejan salir al espacio la energía que emite la Tierra, en forma de radiación infrarroja, cuando se calienta con la radiación procedente del Sol, que es el mismo efecto que producen los vidrios de un invernadero de jardinería. Aunque éstos se calientan principalmente al evitar el escape de calor por convección.

El → efecto invernadero natural que suaviza el clima de la Tierra no es cuestión que se incluya en el debate sobre el calentamiento global. Sin este efecto invernadero natural las temperaturas caerían aproximadamente 30 °C. Los océanos podrían congelarse, y la vida, tal como la conocemos, sería imposible. Para que este efecto se produzca, son necesarios estos gases de efecto invernadero, pero en proporciones adecuadas. Lo que preocupa a los climatólogos es que una elevación de esa proporción producirá un aumento de la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera.

Los incrementos de CO₂ medidos desde 1958 en Mauna Loa muestran una concentración que se incrementa a una tasa de cerca de 1.5 ppm por año. De hecho, resulta evidente que el incremento es más rápido de lo que sería un incremento lineal. El 21 de marzo del 2004 se informó de que la concentración alcanzó 376 ppm (partes por millón). Los registros del Polo Sur muestran un crecimiento similar al ser el CO₂ un gas que se mezcla de manera homogénea en la atmósfera.

Teoría de la variación solar

Se han propuesto varias hipótesis para relacionar las variaciones de la temperatura terrestre con variaciones de la actividad solar, que han sido refutadas por los físicos Terry Sloan y Arnold W. Wolfendale.^[19] La comunidad meteorológica ha respondido con escepticismo, en parte, porque las teorías de esta naturaleza han sufrido idas y venidas durante el curso del siglo XX.^[20]

Sami Solanki, director del Instituto Max Planck para la Investigación del Sistema Solar, en Göttingen (Alemania), ha dicho:^[21]

El Sol está en su punto álgido de actividad durante los últimos 60 años, y puede estar ahora afectando a las temperaturas globales. (...) Las dos cosas: el Sol más brillante y unos niveles más elevados de los así llamados "gases de efecto invernadero", han contribuido al cambio de la temperatura de la Tierra, pero es imposible decir cuál de los dos tiene una incidencia mayor.

Willie Soon y Sallie Baliunas del Observatorio de Harvard correlacionaron recuentos históricos de manchas solares con variaciones de temperatura. Observaron que cuando ha habido menos manchas solares, la Tierra se ha enfriado (Ver Mínimo de Maunder y Pequeña Edad de Hielo) y que cuando ha habido más manchas solares, la Tierra se ha calentado, aunque, ya que el número de manchas solares solamente comenzó a estudiarse a partir de 1700, el enlace con el período cálido medieval es, como mucho, una especulación.

Las teorías han defendido normalmente uno de los siguientes tipos:

- Los cambios en la radiación solar afectan directamente al clima. Esto es considerado en general improbable, ya que estas variaciones parecen ser pequeñas.
- Las variaciones en el componente ultravioleta tienen un efecto. El componente UV varía más que el total.
- Efectos mediados por cambios en los rayos cósmicos (que son afectados por el viento solar, el cual es afectado por el flujo solar), tales como cambios en la cobertura de nubes.

Aunque pueden encontrarse a menudo correlaciones, el mecanismo existente tras esas correlaciones es materia de especulación. Muchas de estas explicaciones especulativas han salido mal paradas del paso del tiempo, y en un artículo "Actividad solar y clima terrestre, un análisis de algunas pretendidas correlaciones" (*Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2003 p801–812) Peter Laut demuestra que hay inexactitudes en algunas de las más populares, notablemente en las de Svensmark y Lassen (ver más abajo).

En 1991 Knud Lassen, del Instituto Meteorológico de Dinamarca, en Copenhague, y su colega Eigil Friis-Christensen, encontraron una importante correlación entre la duración del ciclo solar y los cambios de temperatura en el Hemisferio Norte. Inicialmente utilizaron mediciones de temperaturas y recuentos de manchas solares desde 1861 hasta 1989, pero posteriormente encontraron que los registros del clima de cuatro siglos atrás apoyaban sus hallazgos. Esta relación aparentemente explicaba, de modo aproximado, el 80% de los cambios en las mediciones de temperatura durante ese

período. Sallie Baliuna, un astrónomo del Centro Harvard-Smithsoniano para la astrofísica (*Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics*), se encuentra entre los que apoyan la teoría de que los cambios en el Sol "pueden ser responsables de los cambios climáticos mayores en la Tierra durante los últimos 300 años, incluyendo parte de la reciente ola de calentamiento global".

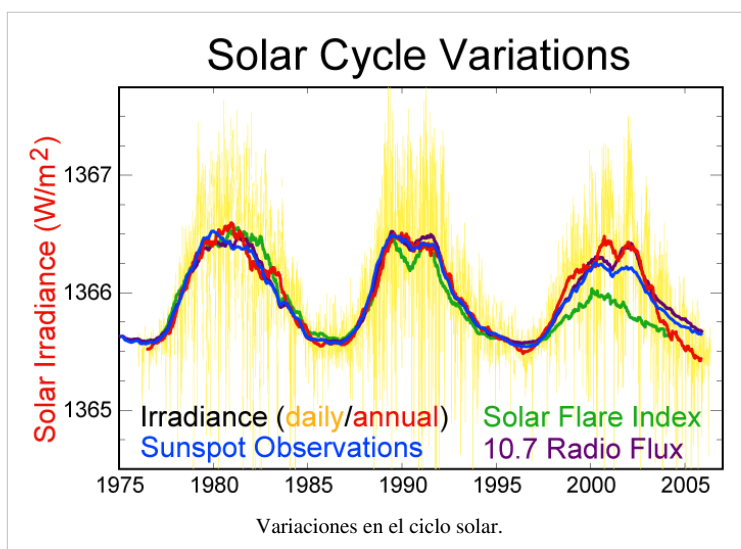
Sin embargo, el 6 de mayo de 2000 la revista *New Scientist* informó que Lassen y el astrofísico Peter Thejil habían actualizado la investigación de Lassen de 1991 y habían encontrado que, a pesar de que los ciclos solares son responsables de cerca de la mitad de la elevación de temperatura desde 1900, no logran explicar una elevación de 0,4 °C desde 1980:

Las curvas divergen a partir de 1980 y se trata de una desviación sorprendentemente grande. Algo más está actuando sobre el clima. [...] Tiene las «huellas digitales» del efecto invernadero.

Posteriormente, en el mismo año, Peter Stott y otros investigadores de Centro Hadley, en el Reino Unido, publicaron un artículo^[cita requerida] en el que dieron a conocer el modelo de simulación hasta la fecha más exhaustivo sobre el clima del Siglo XX. Su estudio prestó atención tanto a los agentes forzadores naturales (variaciones solares y emisiones volcánicas) como al forzamiento antropogénico (gases invernadero y aerosoles de sulfato). Al igual que Lassen y Thejil, encontraron que los factores naturales daban explicación al calentamiento gradual hasta aproximadamente 1960, seguido posteriormente de un retorno a las temperaturas de finales del siglo XIX, lo cual era consistente con los cambios graduales en el forzamiento solar a lo largo del siglo XX y la actividad volcánica durante las últimas décadas.

Sin embargo, estos factores no podían explicar por sí solos el calentamiento en las últimas décadas. De forma similar, el forzamiento antropogénico, por sí solo, era insuficiente para explicar el calentamiento entre 1910-1945, pero era necesario para simular el calentamiento desde 1976. El equipo de Stott encontró que combinando todos estos factores se podía obtener una simulación cercana a la realidad de los cambios de temperatura globales a lo largo del siglo XX. Predijeron que las emisiones continuadas de gases invernadero podían causar incrementos de temperatura adicionales en el futuro "a un ritmo similar al observado en las décadas recientes".^[22]

En 2008 apareció un estudio (*Lean y Rind, 2008*) que reevaluaba la influencia de los fenómenos naturales en el calentamiento, dando como resultado que la actividad solar, lejos de contribuir al mismo, podrían incluso haber enfriado el clima ligeramente. Una continuación del mismo estudio que se publicará en 2009 pronostica que los ciclos esperados tanto de actividad solar como del ENSO provocarán un calentamiento más intenso durante cinco años, en contraste con los siete anteriores, donde dicha actividad lo contrarrestó.^[23]



Otras hipótesis

Se han propuesto otras hipótesis en el ámbito científico:

- El incremento en temperatura actual es predecible a partir de la teoría de las Variaciones orbitales, según la cual, los cambios graduales en la órbita terrestre alrededor del Sol y los cambios en la inclinación axial de la Tierra afectan a la cantidad de energía solar que llega a la Tierra.^[cita requerida]
- El calentamiento se encuentra dentro de los límites de variación natural y no necesita otra explicación particular.^[24]
- El calentamiento es una consecuencia del proceso de salida de un periodo frío previo, la Pequeña Edad de Hielo y no requiere otra explicación.^[cita requerida]
- En ocasiones se atribuye el aumento en las medidas al sesgo en la lectura de los termómetros de las Estaciones Meteorológicas "inmersas" en las isla de calor que han formado las edificaciones en las ciudades.^[cita requerida]

Algunos escépticos argumentan que la tendencia al calentamiento no está dentro de los márgenes de lo que es posible observar (dificultad de generar un promedio de la temperatura terrestre para todo el globo debido a la ausencia de estaciones meteorológicas, especialmente en el océano, sensibilidad de los instrumentos a cambios de unas pocas decenas de grados celsius), y que por lo tanto no requiere de una explicación a través del efecto invernadero.^[cita requerida]

Datos concretos

Ciertos datos concretos recogidos de pruebas científicas ayudan a comprender el alcance del fenómeno del calentamiento global, entender sus causas y vislumbrar sus consecuencias.

- Según un artículo publicado en enero del 2004, el calentamiento global podría exterminar a una cuarta parte de todas las especies de plantas y animales de la → Tierra para el 2050.^[cita requerida]
- Estudios realizados, muestran que la década de los noventa, fue la más caliente en los últimos mil años.^[cita requerida]
- En caso de que toda la capa de hielo de la Antártida se fundiera, el nivel del mar aumentaría aproximadamente 61 m: un aumento de sólo 6 m bastaría para inundar Londres y a Nueva York.^[cita requerida]
- El nivel del dióxido de carbono (CO₂) en la → atmósfera podría duplicarse en los próximos 30 o 50 años.^[cita requerida]
- Los países más afectados son los principales en promover la reducción de emisión de los gases invernadero.^[cita requerida]
- La aceleración del flujo del hielo en regiones de Groenlandia se estimó en 2000 que disminuye el volumen de su capa de hielo en 51 km³/año^[25], aunque una revaluación más reciente^[26] sitúa el número en 150 km³/año. Parte del aumento se debe a una aceleración reciente de la fusión de los glaciares periféricos, y se estima que su contribución al aumento del nivel del mar ha alcanzado en 2005 un valor 0,57±0.1 mm/año.
- Indonesia es el país con mayor número de mamíferos y pájaros en peligro de extinción a consecuencia del cambio climático, 128 y 104 respectivamente.^[cita requerida]
- Brasil fue entre 1990 y 2000 el país en el que hubo mayor deforestación con 22.264 km².^[cita requerida]
- Cinco de los 10 países que más deforestan se encuentran en el continente africano.^[cita requerida]

Datos del IPCC en su tercer informe (2001)

En relación a esta afirmación:

"Estudios realizados, muestran que la década de los noventa, fue la más caliente en los últimos mil años."

el IPCC dice **exactamente**:

A escala mundial, **es muy probable**(66-90%) que el decenio del 1990 fuera el más cálido **desde que se dispone de registros instrumentales**.

IPCC#Climate Change 2001: Synthesis Report

El IPCC afirma en el informe de síntesis lo siguiente:^[27]

Se proyecta que los glaciares y las capas de hielo continúen su retirada generalizada durante el siglo XXI. **Se prevé** que en el Hemisferio Norte disminuyan aún más la capa de nieve, el permafrost, y la extensión del hielo marino. **Es posible** que la capa de hielo antártica **aumente su masa**, mientras que la de Groenlandia la pierda (véase la Pregunta 4).^[28]

- IPCC: cambios en la atmósfera, clima y sistema biológico terrestre durante el siglo XX:
 - Temperatura media mundial de la superficie: aumento en el **$0,6 \pm 0,2$ °C en el siglo XX**; la superficie de la Tierra se ha calentado más que los océanos (muy probable: 90-99%)
 - Temperatura en la superficie del Hemisferio Norte: aumento durante el siglo XX más que en otro siglo de los últimos 1.000 años; el decenio de 1990 ha sido el más cálido del milenio (probable 66-90%).
 - Temperatura diurna de la superficie: **disminución** en el período 1950-2000 en las zonas terrestres; las temperaturas mínimas nocturnas han aumentado el doble de las temperaturas máximas diurnas (probable 66-90%). Climate Change 2001: Synthesis Report
- Se entiende que los *bosques y selvas naturales* que conocemos como paraísos salvajes han sido siempre la impronta del cultivo de los nativos de dichos bosques, se podría decir incluso que son "bosques cultivados" y que la deforestación ha existido desde el principio de los días de la especie humana, pero no a la escala actual.

La relación armoniosa del hombre "salvaje" y la "madre naturaleza" no ha sido ni mayor ni mejor que la que actualmente se pueda ejercer sin prácticas ecologistas, no es un modelo a seguir por lo tanto, simplemente fue adaptación.

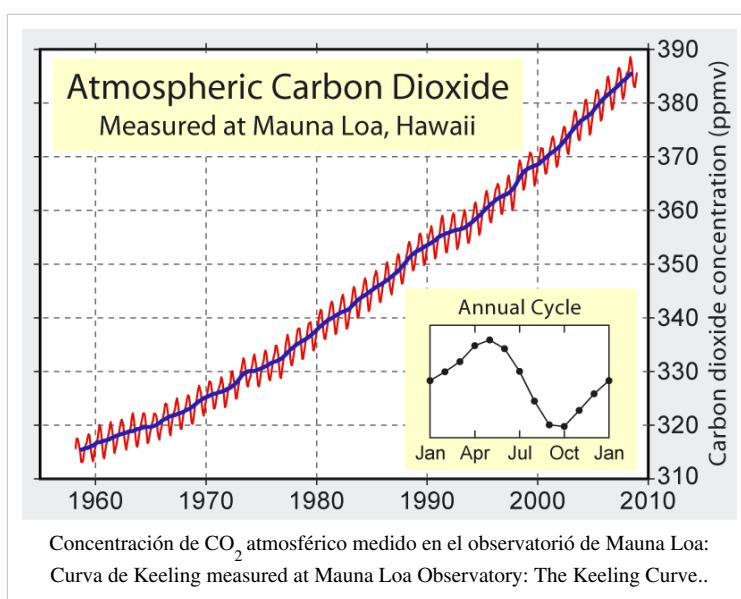
- IPCC: **Conclusiones finales**:
 - las concentraciones atmosféricas de los secundarios gases de efecto invernadero antropogénicos (CO₂, CH₄, N₂O y el O₃ troposférico) han aumentado en gran medida desde 1750. El principal gas de invernadero es el vapor de agua
 - Algunos gases secundarios de efecto invernadero perduran mucho tiempo (por ejemplo, el CO₂, el N₂O y los PFC).
 - **Gran parte** del calentamiento observado durante los últimos 50 años se ha producido **probablemente** por un aumento de concentraciones de gases de efecto invernadero **debido a actividades humanas**. Climate Change 2001: Synthesis Report

Historia del calentamiento global

El primero en manifestar un interés por la materia fue Svante August Arrhenius, quien en 1903 publicó *Lehrbuch der Kosmischen Physik*^[29] (*Tratado de física del Cosmos*) que trataba por primera vez de la posibilidad de que la quema de combustibles fósiles incrementara la temperatura media de la Tierra. Entre otras cosas calculaba que se encestarían 3000 años de combustión de combustibles para que se alterara el clima del planeta, bajo la suposición que los océanos captarían todo el CO₂ (Actualmente se sabe que los océanos han absorbido un 48% del CO₂ antropogénico desde 1800)^[30] Arrhenius estimó el incremento de la temperatura del planeta cuando se doblara la concentración de dióxido de carbono de la atmósfera. Fijaba un incremento de 5 °C y otorgaba una valoración

positiva a este incremento de temperatura porque imaginaba que aumentaría la superficie cultivable y que los países más septentrionales serían mas productivos.

En las décadas siguientes las teorías de Arrhenius fueron poco valoradas, pues se creía que el CO_2 no influía en la temperatura del planeta y el efecto invernadero se atribuía exclusivamente al vapor de agua. El 19 de mayo de 1937,^[cita requerida] 35 años después de que Arrhenius publicara su teoría, Callendar (tecnólogo especialista en vapor) publicó "*The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature*" (*La producción artificial de dióxido de carbono y su influencia en la temperatura*),^[31] tratado que corregía algunas estimaciones realizadas por Arrhenius, como la capacidad de los océanos para absorber CO_2 . Callendar estimaba en $0,003\text{ }^\circ\text{C}$ el incremento de temperatura por año; actualmente se estima que en la segunda mitad del siglo XX se ha producido un incremento de $0.013\text{ }^\circ\text{C}$ por año (IPCC, 2007, p. 30).



En los años 1940 se desarrolló la espectrofotometría de infrarrojos, que ha permitido conocer que el CO_2 absorbe la luz de manera distinta al vapor de agua, incrementando notablemente el efecto invernadero. Todo esto fue resumido por Gilbert Plass en el año 1955.

Pese a los estudios teóricos, no existían aún evidencias científicas del cambio climático. La primera evidencia científica apareció en 1958 cuando Charles Keeling empezó a representar el comportamiento del CO_2 atmosférico. Usaba datos de una estación en Mauna Loa y otra en la Antártica. Un poco antes, la Organización Meteorológica Mundial ya había iniciado diversos planos de seguimiento, que tenían como objetivo, entre otras cosas, de calcular los niveles de CO_2 en la troposfera.

En 1974, aceptadas ya las hipótesis científicas, la OMM decidió crear un equipo de expertos sobre el cambio climático. Así en 1985 tuvo lugar la conferencia de Villach (Austria), donde las Naciones Unidas y el Consejo Internacional para el Medio Ambiente concluyeron que para finales del siglo XXI se podría producir un aumento en las temperaturas de entre $1,5$ y $4,5\text{ }^\circ\text{C}$ y un ascenso del nivel del mar entre 20 y 140 cm ^[cita requerida]

El revuelo social que produjeron todos estos estudios facilitó que en 1988 se fundara el → Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que en 1990, concluyó después de su primera reunión^[cita requerida] que de seguir con el ritmo actual de emisiones de gases de efecto invernadero, cabría esperar un aumento de $0,3\text{ }^\circ\text{C}$ por decenio durante el próximo siglo (mayor que el producido durante los últimos 10.000 años).^[cita requerida] En 1992 se celebró en Río de Janeiro la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también conocida como la Cumbre de la Tierra, donde más de 150 países acudieron y se logró aprobar la Convención Marco sobre el Cambio Climático para tratar de estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero a un nivel aceptable.

En 1997 se comenzó a redactar el → protocolo de Kioto sobre el cambio climático^[32] cuyo objetivo era reducir las emisiones de los principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, → metano, óxido nitroso, hexafluoruro de azufre, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos. Se justificó no incluir el vapor de agua entre los gases de efecto invernadero considerados.^[cita requerida] Su redacción finalizó en 1998 aunque no entró en vigor hasta noviembre de 2004 cuando fue ratificado por Rusia.

Tras el tercer informe del IPCC,^[33] se consideró la necesidad de un nuevo protocolo más severo y con la ratificación de más países aparte del G77. Por esta razón, en 2005 se reunieron en Montreal todos los países que hasta el momento habían ratificado el protocolo de Kioto y otros países responsables de la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo Estados Unidos, China e India. La negociación en Montreal proveía la redacción de unas bases para la futura negociación de un nuevo protocolo que entraría en vigor en 2012^[cita requerida], fecha de caducidad del actual protocolo. Durante la reunión, varios países pusieron objeciones y retrasaron el pre-acuerdo (es el caso de Estados Unidos o Rusia) pero después de retrasar algunos días el final de la negociación se llegó a un pre-acuerdo.^[34]

En Bali entre el 3 y el 13 de diciembre de 2007 se reanudaron las negociaciones y aunque no se fijaron límites para los gases de efecto invernadero, se alcanzó un acuerdo^[35] que, entre otras cosas, incentivaba la distribución de energías renovables entre los países en vías de desarrollo para que estos no basaran su crecimiento económico en la quema de combustibles fósiles.^[36]

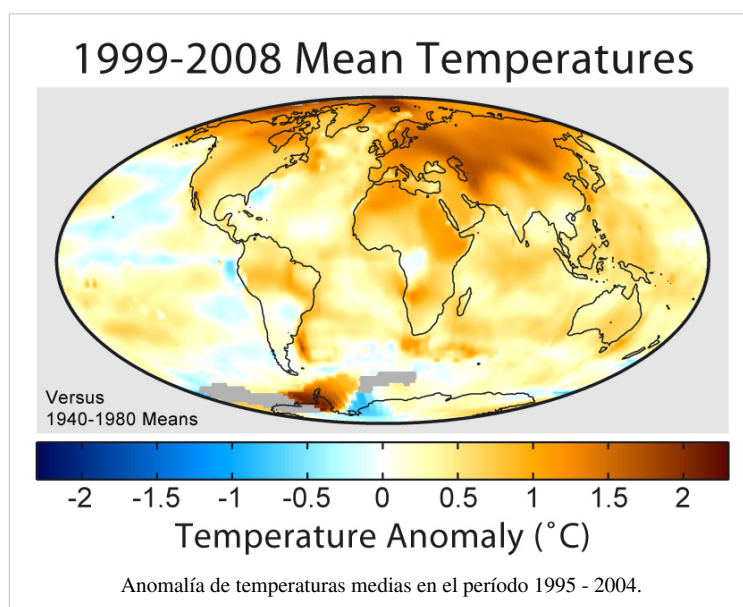
El ex secretario general de la ONU, Kofi Annan, aboga por una "justicia climática" al pedir a los contaminadores que paguen los daños que causan al clima, para que los pobres no se vean más perjudicados^[37]

Efectos potenciales

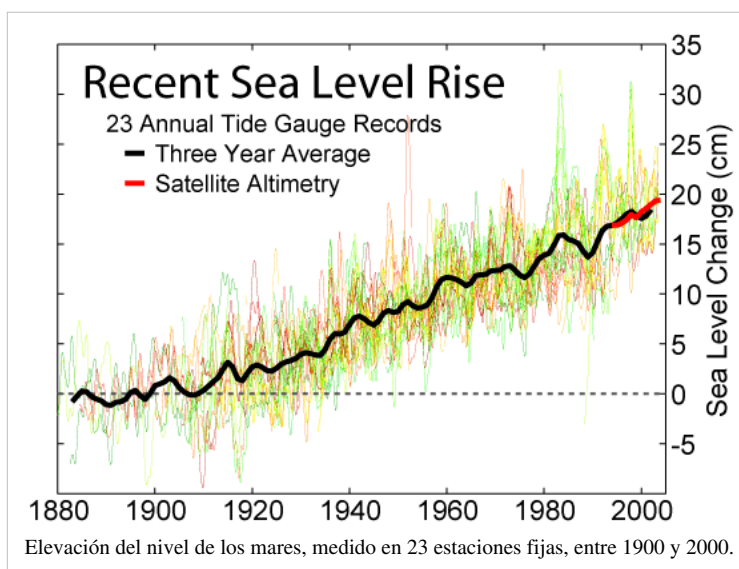
Muchas organizaciones públicas, organizaciones privadas, gobiernos y personas individuales están preocupados por que el calentamiento global pueda producir daños globales en el medio ambiente y la agricultura.

Esto es materia de una controversia considerable, con los grupos ecologistas exagerando los daños posibles y los grupos cercanos a la industria cuestionando los modelos climáticos y las consecuencias del calentamiento global —subvencionando ambos a los científicos para que también lo hagan—.

Debido a los efectos potenciales en la salud humana y en la economía, y debido a su impacto en el ambiente, el calentamiento global es motivo de gran preocupación. Se han observado ciertos procesos y se los ha relacionado con el calentamiento global. La disminución de la capa de nieve, la elevación del nivel de los mares y los cambios meteorológicos son consecuencias del calentamiento global que pueden influir en las actividades humanas y en los ecosistemas. Algunas especies pueden ser forzadas a emigrar de sus hábitats para evitar su extinción debido a las condiciones cambiantes, mientras otras especies pueden extenderse. Pocas de las ecorregiones terrestres pueden esperar no resultar afectadas.



Otro motivo de gran preocupación para algunos es la elevación del nivel de los mares. Los niveles de los mares se están elevando entre 1 y 2 centímetros por decenio, a la vez que se agudizan los fenómenos climáticos extremos, y algunas naciones isleñas del Océano Pacífico, como Tuvalu, ya están trabajando en los detalles de una eventual evacuación.^[38] El calentamiento global da lugar a elevaciones del nivel marino debido a que el agua de los mares se expande cuando se calienta, además de que se produce un aumento de la cantidad de agua líquida procedente de la reducción de los glaciares de montaña y se teme un decrecimiento de los casquetes glaciares. En palabras del TAR del IPCC:



Se prevé que el nivel medio global del mar se elevará entre 9 y 99 cm entre 1990 y 2100. [...] y en caso de que todo el hielo de la Antártida se derritiera, el nivel del mar aumentaría 125 m.

Conforme el clima se haga más cálido la evaporación se incrementará. Esto causaría un aumento de las precipitaciones lluviosas y más erosión. El IPCC (*IPCC, 2007, p. 9*) pronostica un aumento de las precipitaciones en las regiones frías (latitudes altas) y en ciertas regiones tropicales lluviosas, a la vez que una reducción en las zonas secas de latitudes medias y tropicales, como la cuenca mediterránea o el nordeste brasileño. Es decir, un clima más extremo con la precipitación repartida de forma más desigual.

El calentamiento global tendría otros efectos menos evidentes. La corriente del Atlántico norte, por ejemplo, se debe a los cambios de temperatura. Parece ser que, conforme el clima se hace más cálido, esta corriente está disminuyendo, y esto quiere decir que áreas como Escandinavia y Gran Bretaña, que son calentadas por esta corriente, podrían presentar un clima más frío, en lugar del calentamiento general global.

Hoy se teme que el calentamiento global sea capaz de desencadenar cambios bruscos de temperatura, incluso a la baja.^[39] La corriente del Atlántico Norte data de la época del deshielo de la última glaciación (hace 14.000 años). Hace 11.000 años esa corriente sufrió una interrupción que duró 1.000 años. Esto provocó el miniperíodo glacial conocido como Dryas reciente —el nombre de una flor silvestre alpina, *Dryas octopetala*— que duró 900 años en el noroeste de Norteamérica y el norte de Europa. (Ver la discusión sobre la teoría del caos para ideas relacionadas.)

El calentamiento global modificaría la distribución de la fauna y floras del planeta. Ello supondría la expansión de enfermedades de las que algunos de esos animales son portadores. Tal es el caso de la malaria, el dengue o la fiebre amarilla, cuyos vectores son ciertas especies de mosquitos que habitan principalmente en zonas tropicales.

El calentamiento global también podría tener efectos positivos, ya que las mayores temperaturas y mayores concentraciones de CO₂ pueden mejorar la productividad de los ecosistemas. Los datos aportados por satélites muestran que la productividad del Hemisferio Norte se ha incrementado desde 1982. Por otro lado, un incremento en la cantidad total de la biomasa producida no es necesariamente bueno, ya que puede disminuir la → biodiversidad aunque florezcan un pequeño número de especies. De forma similar, desde el punto de vista de la economía humana, un incremento en la biomasa total pero un descenso en las cosechas podría ser una desventaja. Además, los modelos del IPCC predicen que mayores concentraciones de CO₂ podrían favorecer la flora hasta cierto punto, ya que en muchas regiones los factores limitantes son el agua y los nutrientes, no la temperatura o el CO₂. Tras ese punto, incluso aunque los efectos invernadero y del calentamiento continuasen, podría no haber ningún incremento del crecimiento.

Otro posible punto de discusión es la influencia de los efectos del calentamiento global en el equilibrio económico humano norte-sur. Por ejemplo, si provocaría una mayor desertización de los países áridos y semiáridos y un clima más benigno en los países fríos, o bien si el efecto sería diferente.

En el plano económico, el Informe Stern encargado por el gobierno británico en 2005 pronosticó una recesión del 20% del PIB mundial debido al cambio climático, si no se tomaban una serie de medidas preventivas que, en conjunto, absorberían el 1% del PIB (Producto Interno Bruto) mundial.

La relación entre el calentamiento global y la reducción de ozono



Este artículo o sección necesita **referencias** que aparezcan en una **publicación acreditada**, como revistas especializadas, monografías, prensa diaria o páginas de Internet fidedignas.

Puedes añadirlas **así** o avisar al autor principal del artículo ^[40] en su página de discusión pegando: `{{subst:Aviso referencias|Calentamiento global}} ~~~~`

Aunque se menciona frecuentemente en la prensa popular una relación entre el calentamiento global y la reducción de ozono, esta conexión no es fuerte. Existen tres áreas de enlace:

- El calentamiento global producido por el forzamiento radiativo por CO₂ se espera que enfríe (quizás sorprendentemente) la estratosfera. Esto, a cambio, podría darnos lugar a un incremento relativo en la reducción de ozono, y en la frecuencia de agujeros de ozono.
- A la inversa, la reducción de ozono representa un forzamiento radiativo del sistema climático. Hay dos efectos opuestos: La reducción de la cantidad de ozono permite la penetración de una mayor cantidad de radiación solar, la cual calienta la troposfera. Pero una estratosfera más fría emite menos radiaciones de onda larga, tendiendo a enfriar la troposfera. En general, el enfriamiento predomina. El IPCC concluye que las pérdidas estratosféricas de ozono durante las dos décadas pasadas han causado un forzamiento negativo del sistema de la superficie troposférica.
- Una de las predicciones más sólidas de la teoría del calentamiento global es que la estratosfera debería enfriarse. Sin embargo, y aunque este hecho ha sido observado, es difícil atribuirlo al calentamiento global (por ejemplo, el calentamiento inducido por el incremento de radiación solar podría no tener este efecto de enfriamiento superior), debido a que un enfriamiento similar es causado por la reducción de ozono.

Soluciones domésticas para reducir la emisión de CO₂

Algunas de las soluciones que cada individuo de las sociedades más avanzadas pueden aplicar para controlar la producción de CO₂, siempre que sea posible, son:

- Cambiar las bombillas tradicionales por otras de bajo consumo (compactas fluorescentes, o LED's). Las CFL, consumen 60% menos electricidad que una bombilla tradicional, con lo que este cambio reduciría la emisión de dióxido de carbono en 140 kilos al año.
- Poner el termostato con dos grados menos en invierno y dos grados más en verano. Ajustando la calefacción y el aire acondicionado se podrían ahorrar unos 900 kilos de dióxido de carbono al año.
- Evitar el uso del agua caliente. Se puede usar menos agua caliente instalando una ducha-teléfono de baja presión y lavando la ropa con agua fría o tibia.
- Utilizar un colgador/tendedero en vez de una secadora de ropa. Si se seca la ropa al aire libre la mitad del año, se reduce en 320 kilos la emisión de dióxido de carbono al año ^[cita requerida].
- Comprar productos de papel reciclado. La fabricación de papel reciclado consume entre 70% y 90% menos energía y evita que continúe la deforestación mundial.
- Comprar alimentos frescos. Producir comida congelada consume 10 veces más energía.

- Evitar comprar productos envasados. Si se reduce en un 10% la basura personal se puede ahorrar 540 kilos de dióxido de carbono al año.
- Utilizar menos los aparatos eléctricos; al menos, los encaminados exclusivamente al ocio. Desconectar los aparatos de radio, televisión, juegos, etc. a los que no se esté prestando atención en ese momento.
- Elegir un vehículo de menor consumo. Un vehículo nuevo puede ahorrar 1.360 kilos de dióxido de carbono al año si este rinde dos kilómetros más por litro de combustible (lo mejor sería comprar un vehículo híbrido o con biocombustible).
- Conducir de forma eficiente: utilizando la marcha adecuada a la velocidad, no frenar ni acelerar bruscamente, y en general intentar mantener el número de revoluciones del motor tan bajo como sea posible.
- Evitar circular en horas punta.
- Usar menos el automóvil. Caminar, ir en bicicleta, compartir el vehículo y usar el transporte público. Reducir el uso del vehículo propio en 15 kilómetros semanales evita emitir 230 kilos de dióxido de carbono al año.
- Elegir una vivienda cerca del centro de trabajo o de educación de nuestros hijos.
- No viajar frecuentemente ni lejos por puro placer. Desde hace unos 20 años el hábito de viajar en avión se ha extendido de tal forma, y en ocasiones a precios tan bajos, que las emisiones de gases debidas a los aviones se han incrementado en más de un 200%.
- Revisar frecuentemente los neumáticos. Una presión correcta de los neumáticos mejora la tasa de consumo de combustible en hasta un 3%. Cada litro de gasolina ahorrado evita la emisión de tres kilos de dióxido de carbono.
- Plantar árboles. Una hectárea de árboles, elimina a lo largo de un año, la misma cantidad de dióxido de carbono que producen cuatro familias en ese mismo tiempo. Un solo árbol elimina una tonelada de dióxido de carbono a lo largo de su vida.^[41]
- Exigir un certificado ambiental de edificios contribuye a la reducción de emisiones ya que se estima que el 50% del problema es originado por la construcción y funcionamiento de edificios y ciudades. Esto implica que al momento de adquirir o rentar una vivienda o edificio debemos exigir una certificación o etiquetado que indique el contenido energético del bien y el necesario para funcionar. De manera similar a la que ya se implementa en refrigeradores, motores eléctricos, lámparas eléctricas y otros.

Véase también

- → Efectos potenciales del calentamiento global
 - Panel Intergubernamental del Cambio Climático
 - Clima
 - → Mediciones de temperatura por satélite
 - → Efecto invernadero
 - modelo climático
 - → Cambio climático
 - Oscurecimiento global
 - → Influencia antropogénica sobre el clima
 - cambio climático antropogénico
 - Corriente del Golfo - Efecto del calentamiento global sobre el clima en el norte de Europa, a causa de la modificación en la corriente del Golfo.
 - Hipótesis del fusil de clatratos
 - Estado de Miedo - Novela de ciencia-ficción acerca de este tema.
 - → Protocolo de Kioto sobre el cambio climático
 - Enfriamiento global en la Wikipedia inglesa
 - Ecología social
 - Revolución industrial
-

Bibliografía

- Broecker, Wallace S. (1975), "Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?" (en english), *Science* **189** (4201): 460-463, doi:10.1126/science.189.4201.460 ^[42], ISSN 1095-9203 ^[14]
- Hughes, Lesley (2001), "Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?" (en english), *Trends in Ecology and Evolution* **15** (2): 56-61, doi:10.1016/S0169-5347(99)01764-4 ^[26], ISSN 0169-5347 ^[27]
- IPCC (2001). J. T. Houghton *et al* (ed.). *Climate Change 2001: The Scientific Basis* ^[43]. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 0521807670.
- IPCC (2007). Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (ed.). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* ^[29]. Ginebra: Cambridge University Press. ISBN 9291693227.
- Knutti, Retto; Hegerl, Gabriele C. (2008), "The equilibrium sensitivity of the Earth's temperature to radiation changes ^[30]" (en english), *Nature Geoscience* **1** (11): 735-743, doi:10.1038/ngeo337 ^[31], ISSN 1752-0894 ^[32]
- Le Treut, Hervé (1997), "Clima: por qué los modelos no están equivocados ^[44]", *Mundo Científico* (181): 662-667, ISSN 0211-3058 ^[45]
- Lean, Judith L.; Rind, David H. (2008), "How natural and anthropogenic influences alter global and regional surface temperatures: 1889 to 2006 ^[46]" (en english), *Geophysical Research Letters* **35**: L18701, doi:10.1029/2008GL034864 ^[47], ISSN 0094-8276 ^[48]
- Oreskes, Naomi (2004), "Beyond the Ivory Tower. The Scientific Consensus on Climate Change ^[49]" (en english), *Science* **306** (5702): 1686, doi:10.1126/science.1103618 ^[33], ISSN 1095-9203 ^[14]
- Roe, Gerard H.; Baker, Marcia B. (2007), "Why Is Climate Sensitivity So Unpredictable?" (en english), *Science* **318** (5850): 629-632, doi:10.1126/science.1144735 ^[34], ISSN 1095-9203 ^[14]
- Schnellhuber, Hans Joachim (2008), "Global warming: Stop worrying, start panicking?" (en english), *PNAS* **105** (38): 14239-14240, doi:10.1073/pnas.0807331105 ^[35], ISSN 0027-8424 ^[19]
- Shukla, J. (1998), "Predictability in the Midst of Chaos: A Scientific Basis for Climate Forecasting ^[50]" (en english), *Science* **282** (5389): 728-731, doi:10.1126/science.282.5389.728 ^[51], ISSN 1095-9203 ^[14]
- Stern, Nicholas (2008), "The Economics of Climate Change ^[41]" (en english), *American Economic Review* **98** (2): 1-37, doi:10.1257/aer.98.2.1 ^[42], ISSN 0002-8282 ^[43]
- The Economist (1994), "A problem as big as a planet (global-change science)" (en english), *The Economist* (5 Nov 1994): 83-85, ISSN 0013-0613 ^[52]
- Walther, Gian-Reto; Post, Eric; Convey, Peter; y otros (2002), "Ecological responses to recent climate change ^[46]" (en english), *Nature* **416** (6879): 389-395, doi:10.1038/416389a ^[47], ISSN 0028-0836 ^[38]

Enlaces externos

Commons

-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **calentamiento global**.

Wikiquote

-  Wikiquote alberga frases célebres de o sobre **Cambio climático**.

Informes científicos

- Informes parciales de los Grupos del IPCC con **traducciones al castellano no oficiales por el Ministerio del Medio Ambiente** ^[53] (Inglés y castellano)
- Informe del **Grupo de Trabajo I** (Bases científicas) para el Cuarto Informe del IPCC - Febrero de 2007 ^[54] (En inglés).

- Grupo de Trabajo I del IPCC ^[55]
- Gráficos que muestran la evolución de las temperaturas desde finales del siglo XIX ^[56] NASA (en inglés)
- "Parte de la Antártida gana peso por el aumento de la nieve acumulada" ^[57] ram.meteored.com, resumen y traducción de la revista Nature ^[58].

Otras páginas en las que se explica el Calentamiento Global

- Nodo informativo sobre Cambio Climático (ONGs) ^[59] Información sobre Cambio Climático en Español.
- Realclimate.org. Web de comentarios sobre la ciencia del clima, realizado por científicos que trabajan en el campo, para el público y los periodistas ^[58]
- Cambio Climático Global y Calentamiento Global ^[60] Análisis, datos, noticias y más.
- Calentamiento global e impacto en los mares. ^[61]
- Oni.Escuelas.edu.ar: Autos y contaminación ^[62]

Informes Y Artículos Sobre Pronósticos Relacionados

- Vaticinan carestía mundial de alimentos en el 2020 ^[63]
- Los antecedentes climáticos pronostican guerras y hambrunas ^[64]
- Nivel de los mares podría batir récords ^[65]

Opinión

- Críticas al IPCC y al protocolo de Kyoto ^[66]
- Artículos periodísticos sobre el cambio climático, en catalán y castellano ^[67]
- El calentamiento Global: Efectos Biológicos ^[68]
- Artech.com.uy: el efecto invernadero y el clima, por Roberto Maissonave ^[69]
- CO2: El mayor escándalo científico de nuestra era. Z. Jaworowski. 21st Century Science & Technology (2007) (en inglés) ^[70]
- La guerra de Irak y el Calentamiento Global ^[71]

Otros Estudios Y Datos Relacionados:

- Consenso científico sobre el calentamiento del planeta ^[72], resumen realizado por GreenFacts de un informe del IPCC.
- Comer Carne Aumenta el Calentamiento Global ^[73]
- La fertilización del océano no arregla el efecto invernadero ^[74]
- Lugares del planeta en peligro ^[75]
- A más calor, menos arroz ^[76]
- Casi la mitad de los océanos terrestres padece el impacto de la actividad humana ^[77]

Documentales

- Página web del documental "An Inconvenient Truth" (Una Verdad Inconveniente o Una Verdad Incómoda) ^[19]
- Página web del documental "The great global warming swindle" (El gran fraude del calentamiento global) ^[78], también en [79] y [80]

Referencias

- [1] « Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis - Resumen para Responsables de Políticas - Traducción del Ministerio de Medio Ambiente de España, pág.6 (http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/impactos_cc/pdf/ar4_ipcc_2007_trad.pdf)» (2007). Consultado el 2007-12-21.
- [2] More Than 700 International Scientists Dissent Over Man-Made Global Warming Claims (http://epw.senate.gov/public/index.cfm?FuseAction=Minority.Blogs&ContentRecord_id=2674e64f-802a-23ad-490b-bd9faf4dcdb7)
- [3] Peterson, T.C., Connolley, W.M. & Fleck, J., 2008: The myth of the 1970s global cooling scientific consensus. *Bulletin of the American Meteorological Society*, in press.
- [4] G. J. Kukla, R.K. Matthews & J.M. Mitchell, *Quaternary Research*, 2, 261- 9, 1972: "The end of the present interglacial" (http://www.wmconnolley.org.uk/sci/iceage/quat_res_1972.html#emiliani)
- [5] Grida.no/climate/ Final de la Edad de Hielo (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/073.htm)
- [6] GHCC.MSFC.nasa.gov/ Temperaturas en la superficie terrestre (http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/ghcc_cvcc.html)
- [7] « Wallace S. Broecker gana el premio Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento (http://www.elperiodico.com/default.asp?idpublicacio_PK=46&idioma=CAS&idnoticia_PK=621518&idseccio_PK=1021)». *El Periódico.com* (15 de junio de 2009). Consultado el 1 de agosto de 2009.
- [8] Premio Nobel de la paz 2007 (http://nobelprize.org/nobel_prizes/peace/laureates/2007/)
- [9] Artículo de la BBC sobre efectos. (http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/business/newsid_6098000/6098304.stm)
- [10] Noticia en Madri+d. (<http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=28804&origen=notiweb>)
- [11] Misleading Math about the Earth (<http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=000F3D47-C6D2-1CEB-93F6809EC5880000>)
- [12] Noticia calíber sobre financiación. (<http://caliber.ucpress.net/doi/abs/10.1525/sp.2003.50.3.348?cookieSet=1&journalCode=sp>)
- [13] Noticia del New York Times sobre financiación de los estudios. (<http://www.nytimes.com/2006/01/29/science/earth/29climate.html?ex=1296190800&en=28e236da0977ee7f&ei=5088>)
- [14] NCAR (<http://www.ncar.ucar.edu/>)
- [15] Wigley, T.M.L. (1998), The Kyoto Protocol: CO₂, CH₄ and climate implications, *Geophysical Research Letters*, vol. 25, pp. 2285–88. (<http://www.ucar.edu/news/record/>)
- [16] Lewis, M. (2005) Kyoto-by-inches is just as foolish. *Competitive Enterprise Institute. On Point*, N°97
- [17] Wigley, T.M.L. (2005), "The Climate Change Commitment," *Science*, vol. 307, pp. 1766–69. (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/307/5716/1766?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&searchid=1&FIRSTINDEX=0&volume=307&firstpage=1766&resourcetype=HWCIT>)
- [18] Grida.no/climate/ipcc_tar (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/006.htm)
- [19] El gran timo de los rayos cósmicos (<http://www.publico.es/ciencias/066254/calentamiento/rayos/cosmicos>)
- [20] AIP.org/history/climate/solar.htm (<http://www.aip.org/history/climate/solar.htm>)
- [21] www.WashTimes.com (<http://www.washtimes.com/world/20040718-115714-6334r.htm>)
- [22] Representación gráfica de la relación entre factores naturales y antropogénicos en la contribución a los cambios climáticos (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/fig12-7.htm). Este informe aparece en (IPCC, 2001)
- [23] Clark, Duncan (27 de julio de 2009). « World will warm faster than predicted in next five years, study warns (<http://www.guardian.co.uk/environment/2009/jul/27/world-warming-faster-study>)» (en inglés), *traducción al español* (<http://www.elmundo.es/elmundo/2009/07/28/ciencia/1248777781.html>). *The Guardian*. Consultado el 30 de julio de 2009.
- [24] Other theories as to the cause of global warming. (<http://www.consequencesofglobalwarming.com/theories/most-common-explanations-against-global-warming-by-humans.html>), (texto en inglés)
- [25] Krabill, W., Abdalati, W., Frederick, E., Manizade, S., Martin, C., Sonntag, J., Swift, R., Thomas, R., Wright, W. & Yungel, J. (2000). «Greenland Ice Sheet: High-Elevation Balance and Peripheral Thinning» *Science*. Vol. 289. n.º 5478. pp. 428-430.
- [26] Rignot, E. & Kanagaratnam, P. (2006). «Changes in the velocity structure of the Greenland Ice Sheet» *Science*. Vol. 311. n.º 5763. pp. 986-990.
- [27] *Climate Change 2001: Synthesis Report* (<http://www.ipcc.ch/pub/un/syrspanish/spm.pdf>), IPCC
- [28] *Climate Change 2001: Synthesis Report* (<http://www.ipcc.ch/pub/un/syrspanish/spm.pdf>)
- [29] Svante Arrhenius, (1903) *Lehrbuch der Kosmischen Physik*, Vol I and II, S. Hirschel publishing house, Leipzig, 1026 páginas.
- [30] Christopher L. Sabine, Richard A. Feely, Nicolas Gruber, Robert M. Key, Kitack Lee, John L. Bullister, Rik Wanninkhof, C. S. Wong, Douglas W. R. Wallace, Bronte Tilbrook, Frank J. Millero, Tsung-Hung Peng, Alexander Kozyr, Tsueno Ono, and Aida F. Rios (2004). « The Oceanic Sink for Anthropogenic CO₂ (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/sci;305/5682/367?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&fulltext=1800+co2+45%&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT>)» *science*. Vol. 5682. n.º 1097403. p. 367 - 371.
- [31] "Callendar, G. S. (1938), The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Chicago: Aldine Publishing Co., Q. J. R. Meteorol. Soc.* 64: 223"
- [32] ONU (1998), *Protocolo de Kyoto* (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>), Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- [33] IPCC (2001), *Cambio Climático 2001: Informe de Síntesis* (<http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesis-spm/synthesis-spm-es.pdf>)

- [34] Culmina con éxito la negociación de la cumbre de Montreal (http://www.cronica.com.mx/nota.php?id_nota=216088), Crónica (10/12/2005), México
- [35] The United Nations Climate Change Conference in Bali (http://unfccc.int/meetings/cop_13/items/4049.php). Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (en inglés). Consultado el 21 de agosto de 2009.
- [36] *La cumbre de Bali sobre el clima acuerda facilitar el acceso a tecnologías limpias* (http://www.elpais.com/articulo/sociedad/cumbre/Bali/clima/acuerda/facilitar/acceso/tecnologias/limpias/elpepusoc/20071204elpepusoc_3/Tes), en El País (04/12/2007), España
- [37] Global Ex secretario general de la ONU, Kofi Annan, pide "justicia climática" (<http://www.pnuma.org/informacion/noticias/2008-06/25/#476>). www.nacion.com, 24-06-2008. Resumen diario de Noticias del PNUMA. Consultado el 21 de agosto de 2009.
- [38] [tuvaluislands.com](http://www.tuvaluislands.com) News, Sam Urquhart # 03-03-2006 (<http://www.tuvaluislands.com/news/archives/2006/2006-03-03.htm>)
- [39] El cambio climático amenaza con una nueva edad de hielo (<http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=34569&origen=notiweb>). Boletín Madri+d, 19 de mayo de 2008.
- [40] http://en.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global
- [41] Reducir el consumo, mantener la vida (<http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=20071203195933710>) ver los ficheros PDF que se indican en el artículo, en los mismos se encuentran muchas de las recomendaciones expuestas en el artículo
- [42] <http://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.189.4201.460>
- [43] http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm
- [44] <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/10CAtm1/359ArtMod2.htm>
- [45] <http://worldcat.org/issn/0211-3058>
- [46] <http://www.leif.org/research/LeanRindCauses.pdf>
- [47] <http://dx.doi.org/10.1029%2F2008GL034864>
- [48] <http://worldcat.org/issn/0094-8276>
- [49] <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/306/5702/1686>
- [50] http://ptolemy.gmu.edu/~beall/data/chaos_papers/shukla-1998-science-v282.pdf
- [51] <http://dx.doi.org/10.1126%2Fscience.282.5389.728>
- [52] <http://worldcat.org/issn/0013-0613>
- [53] http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/impactos_cc/inf_eval_ipcc.htm
- [54] <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>
- [55] <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/>
- [56] <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>
- [57] <http://ram.meteored.com/numero33/natureantartida.asp>
- [58] <http://www.nature.com/news/2005/050516/full/050516-10.html>
- [59] <http://www.cambioclimatico.org>
- [60] <http://www.cambioclimaticoglobal.com>
- [61] <http://www.hondurassilvestre.com/Tema%20de%20la%20Semana/septiembre06/Calentamiento%20Global.htm>
- [62] <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/autos-y-polucion/calentam.htm>
- [63] <http://www.aporrea.org/internacionales/n105816.html>
- [64] http://www.tendencias21.net/Los-antecedentes-climaticos-pronostican-guerras-y-hambrunas_a1937.html?PHPSESSID=2eba990a4d9ca766bc3088c34d9562cd
- [65] http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_7149000/7149110.stm
- [66] <http://www.liberalismo.org/articulo/273/>
- [67] <http://www.columbia.edu/~xs23/catala/articles/esp/articlesesp.htm>
- [68] <http://www.portalmundos.com/mundobiologia/ecologia/calentamientoglobal.htm>
- [69] <http://www.artech.com.uy/aniu/confaca.htm>
- [70] http://www.21stcenturysciencetech.com/Articles%202007/20_1-2_CO2_Scandal.pdf
- [71] <http://www.iccc.es/2008/05/16/la-guerra-de-iraq-y-el-calentamiento-global/>
- [72] <http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/index.htm>
- [73] http://www.ivu.org/uvla/carne_calentamiento_global.html
- [74] <http://neofronteras.com/?p=1043>
- [75] <http://latino.msn.com/liveearth/galeriapiage.aspx?cp-documentid=4922896>
- [76] http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_7164000/7164896.stm
- [77] http://www.tendencias21.net/Casi-la-mitad-de-los-oceanos-terrestres-padece-el-impacto-de-la-actividad-humana_a2076.html
- [78] [http://www.stage6.com/user/angkorwat/video/1348005/El-gran-timo-del-calentamiento-global-\(VOS-Spanish\)](http://www.stage6.com/user/angkorwat/video/1348005/El-gran-timo-del-calentamiento-global-(VOS-Spanish))
- [79] http://www.youtube.com/watch?v=s_7TJp_faxk
- [80] <http://video.google.com/videoplay?docid=-2515307958912095923&hl=es>

Mediciones de temperatura por satélite

Se han estado realizando **mediciones de temperatura por satélite** en la troposfera desde 1979. Los registros del globo usable (radiosonda) comenzaron en 1958.

Actualmente (a mayo de 2005) la tendencia en datos basados en los satélites de la versión de Mears et al es de $+0,133\text{ }^{\circ}\text{C/década}^{[1]}$ y en la versión 5.1 de Spencer y Christy es de $+0,085\text{ }^{\circ}\text{C/década}^{[2]}$ (el S+C ha experimentado recientemente una revisión no explicada, y la tendencia a mayo de 2005 ahora es de $0,12\text{ }^{\circ}\text{C/década}^{[3]}$). Algunos análisis menos actualizados son Fu et al, con $0,2\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ (de mayo de 2004)^[4] y Vinnikov y Grody,

con $+0,22^{\circ}\text{C}$ a $0,26^{\circ}\text{C}$ por década (de octubre de 2003).^[5] ^[6] Esto puede compararse con el aumento del registro superficial de aproximadamente $0,06\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ durante el último siglo y $0,15\text{ }^{\circ}\text{C/década}$ desde 1979.

En el IPCC TAR sección 2.2.4^[7] se puede encontrar una extensa comparación y análisis de las tendencias de las distintas fuentes de datos y períodos.

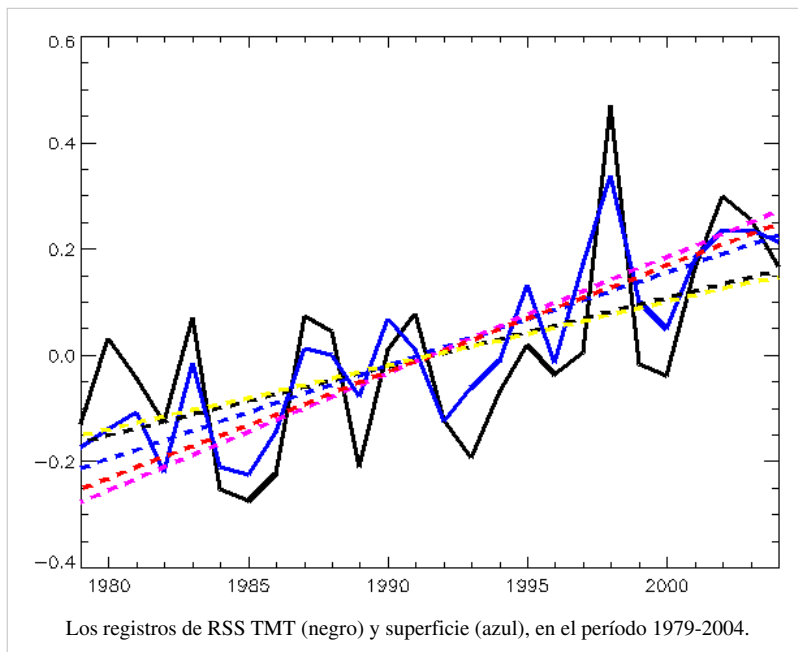
Las mediciones por satélite tienen la ventaja de que tienen una cobertura global, mientras que la medición de la radiosonda es a lo largo. Ha habido varias contradicciones al comparar los datos provenientes de ambos sistemas. Los modelos climáticos predicen que la troposfera se debería calentar más rápido que la superficie, por lo que sólo las versiones de Fu et al o Vinnikov y Grody de las mediciones por satélite son compatibles con esto y las mediciones de superficie.

La medición de la temperatura por satélite

Desde 1979, Microwave Sounding Units (MSUs) sobre los satélites de la órbita polar de NOAA han medido la intensidad de la radiación de microondas del oxígeno atmosférico. La intensidad es proporcional a la temperatura de las extensas capas verticales de la atmósfera, como se ha demostrado mediante la teoría y comparaciones directas con temperaturas atmosféricas y los perfiles de las radiosondas. La radiación se mide a diferentes frecuencias; estas bandas de frecuencias distintas muestran una banda de carga distinta de la atmósfera.^[8] El canal 2 representa ampliamente la troposfera.

Las mediciones han sido realizadas a partir de los datos recibidos de nueve MSUs diferentes, cada uno con sus peculiaridades (por ejemplo, tiempo de vuelo de una nave espacial relativo al tiempo solar local) que deben ser calculados y eliminados porque pueden tener impactos sustanciales en la tendencia resultante.^[9]

El proceso de medición de una temperatura mediante el registro de la radiación es difícil. La medición más conocida, de Roy Spencer y John Christy en la Universidad de Alabama en Huntsville (UAH), está actualmente en la versión 5.1, que incorpora correcciones para rutas orbitales y otros factores.^[10] La medición es resultado de una sucesión de diferentes satélites, y los problemas con la intercalibración entre los satélites son importantes, especialmente el NOAA-9.^[11]



Durante un cierto tiempo la principal conclusión extraída a partir de los datos basados en los satélites de UAH es que parecían contradecir las predicciones IPCC de las Naciones Unidas sobre el → calentamiento global. En abril de 2002, por ejemplo, su tendencia basada en los satélites de medición de temperatura era de sólo 0,04 °C/década, comparada con los 0,17 +/- 0,06 °C/década de las medidas superficiales; sin embargo, en los años siguientes la tendencia de UAH se ha doblado, quedando más acorde con otras tendencias.

Discusión sobre las mediciones de temperatura basadas en los satélites

A finales de los años 1990 el desacuerdo entre la medición de la temperatura superficial y las mediciones basadas en los satélites era un tema de investigación y discusión. Un informe realizado por el National Research Council que analizaba las tendencias al alza de la temperatura del aire indicó:

Los datos recogidos por los satélites y los instrumentos transportados en globo desde 1979 indican poco sobre el calentamiento de la zona baja a media de la troposfera, la capa atmosférica que se extiende hasta cerca de 5 millas de la superficie de la tierra. Los modelos climáticos predicen generalmente que las temperaturas deben aumentar en la zona superior del aire así como en la superficie si las crecientes concentraciones de gases invernadero están causando un calentamiento.^[12]

Sin embargo, el mismo informe concluyó que

La tendencia de calentamiento que se aprecia en las mediciones de la temperatura superficial durante los últimos 20 años es sin lugar a dudas cierta y es sustancialmente mayor que el índice medio de calentamiento durante el siglo XX. La disparidad entre las tendencias de la superficie y la de las capas superiores de aire de ninguna manera invalida la conclusión de que la temperatura superficial ha ido en aumento.^{[13] [14]}

Una crítica importante del informe basado en los satélites es su brevedad - añadiendo algunos años al informe o escogiendo un marco de tiempo particular se pueden cambiar las tendencias considerablemente. Los problemas sobre la longitud del informe de MSU se demuestran con la tabla inferior, que muestra la tendencia global S+C MSU TLT (°C/década) comenzando en enero de 1979 y acabando en diciembre del año mostrado.

Año	Variación
1992	-0,003
1993	-0,044
1994	-0,043
1995	-0,012
1996	-0,007
1997	0,0001
1998	0,0702
1999	0,0579
2000	0,0466
2001	0,0552
2002	0,0725
2003	0,0816

Nota: Estos resultados se han logrado utilizando el conjunto de datos v5.1, ahora obsoleto. Los nuevos datos no están disponibles todavía.

Además, aunque comenzaron con los mismos datos, cada uno de los grupos de investigación principales los ha interpretado con diversos resultados. Además de las tendencias de UAH, Mears et al. calcularon 0,097 °C/década

desde 1979 a 2001,^[15] mientras que Fu et al. calcularon para el mismo período un aumento aproximado del doble, o 0,2 °C/década.^[16] Un análisis aún más reciente pero aún polémico (Vinnikov y Grody, Science, 2003) calcula una tendencia de +0,22°C a 0,26°C por década.^[17] Para poder solucionar estas diferencias, los grupos se reunieron en 2003.^[18]

Medidas por satélite de la temperatura estratosférica

Los satélites también miden la temperatura estratosférica^[19] y muestran una disminución en las temperaturas estratosféricas, entremezcladas por el "ruido" de erupciones volcánicas. Esto es lo que se espera de la teoría del → calentamiento global: la troposfera se debería calentar, mientras que la estratosfera debería enfriarse. Sin embargo, este imagen sencilla se complica por la disminución del ozono, que también provoca un enfriamiento de la estratosfera.

Globos meteorológicos (radiosondas)

Los mayores conjuntos de datos de temperatura del aire superior se han recogido de instrumentos elevados por globos (radiosondas). Los cambios en la instrumentación del globo y el procesamiento de datos ha ido mejorando con el paso de los años, a pesar del resultado de las discontinuidades en estas mediciones de temperatura.^[20] El conjunto de datos de la radiosonda se convierte en usable global sobre 1958.^[21]

Enlaces externos

- Medición de la temperatura en la Tierra desde el Espacio^[22] Noticias de la NASA
- Los científicos presentan las tendencias de la temperatura terrestre de 1998^[23] NASA: Se revelan las mediciones de temperatura durante 20 años en la reunión del AMS en 1999
- Global Hydrology and Climate Center^[24] de la NASA
- Lo que las microondas nos enseñan sobre la atmósfera^[25]
- Temperaturas atmosféricas medias globales^[26]
- Medición de la radiosonda Angell^[27]

Referencias

- [1] Tendencia en la versión de Mears et al (http://www.ssmi.com/msu/msu_data_description.html#msu_decadal_trends)
- [2] Tendencia en la versión 5.1 de Spencer y Christy (http://www.nsstc.uah.edu/data/msu/t2lt/tltghmmam_5.1)
- [3] Revisión no explicada (<http://climate.uah.edu/may2005.htm>)
- [4] Análisis de Fu et al (<http://www.spaceref.com/news/viewpr.html?pid=14166>)
- [5] Análisis de Vinnikov y Grody (<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1087910>)
- [6] http://stephenschneider.stanford.edu/Publications/PDF_Papers/VinnikovGrody2003.pdf
- [7] IPCC TAR sección 2.2.4 (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/060.htm)
- [8] Intensidad de la radiación de microondas del oxígeno atmosférico (http://www.ssmi.com/msu/img/msu_weighting_functions.png)
- [9] « USGCRP Seminar: The Satellite Temperature Records: Parts 1 and 2 (<http://www.usgcrp.gov/usgcrp/seminars/960521SM.html>)».
- [10] (http://www.geog.ox.ac.uk/~mnew/teaching/Online_Articles/Christy_etal_MSUv5_JAOT2003.pdf)
- [11] « RSS / MSU and AMSU Data / Description (http://www.ssmi.com/msu/msu_data_description.html)».
- [12] Informe realizado por el National Research Council (<http://www4.nas.edu/news.nsf/isbn/0309068916?OpenDocument>)
- [13] Conclusiones del informe (<http://books.nap.edu/books/0309068916/html/2.html#pagetop>)
- [14] Conclusiones del informe (<http://www.msnbc.com/news/356875.asp?cp1=1>)
- [15] Mears et al. desde 1979 a 2001 (http://www.ssmi.com/msu/msu_data_description.html)
- [16] Fu et al. desde 1979 a 2001 (<http://www.spaceref.com/news/viewpr.html?pid=14166>)
- [17] Vinnikov y Grody, Science, 2003 (<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1087910>)
- [18] Reunión de los grupos en 2003 (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/rvtt.html>)
- [19] Medición de temperatura estratosférica (<http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/MSU/msusci.html>)
- [20] Radiosondas (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/059.htm)
- [21] Un gráfico que compara las mediciones en la superficie, desde globo y desde satélite (http://www.met-office.gov.uk/research/hadleycentre/CR_data/Monthly/upper_air_temps.gif)

- [22] http://science.nasa.gov/newhome/headlines/notebook/essd13aug98_1.htm
- [23] http://science.nasa.gov/newhome/headlines/essd12jan99_1.htm
- [24] <http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/>
- [25] <http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/overview/microwave.html>
- [26] <http://wwwghcc.msfc.nasa.gov/MSU/msusci.html>
- [27] <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/temp/angell/angell.html>

Efectos potenciales del calentamiento global

Existen numerosos **efectos potenciales del calentamiento global** que hipotéticamente afectarían el medio ambiente y a la vida humana según las teorías del → calentamiento global. El principal es el incremento progresivo de la temperatura promedio. A partir de este, surgen una serie de diferentes efectos como el aumento del nivel del mar, cambios en los ecosistemas agrícolas, la expansión de las enfermedades tropicales, aumento de la intensidad de los fenómenos naturales. Algunos de estos fenómenos se estarían produciendo en la actualidad, pero es difícil precisar una relación directa con el calentamiento global.

La extensión y el tipo de estas consecuencias es un tema de una alta controversia política; y los detalles, un tema de cierta incertidumbre científica. Un resumen de los posibles efectos se puede encontrar en el informe del IPCC Working Group II.

Principales efectos

Los cambios climáticos pronosticados tendrían el potencial de derivar en cambios de gran escala, y probablemente irreversibles, en el clima; resultando en un impacto de alcance global. El deshielo es uno de los efectos de mayor importancia que afecta e influye ahora, sin agregar el efecto de los gases invernaderos que es otro tema de importancia que afecta a nivel mundial. Algunos ejemplos de los cambios pronosticados:

- Significante reducción de la circulación del océano que transporta agua caliente al Norte del Atlántico.
- Gran reducción de los glaciares de Groenlandia y la Antártida.
- Aceleración del calentamiento global debido a la retroalimentación del ciclo de carbono en la biosfera terrestre.
- Desprendimientos de carbono terrestre de regiones permanentemente congeladas e hidratos de metano en sedimentos costeros.

Las características finales de estos cambios aun son inciertas. Sin embargo, la probabilidad de que uno o más de estos cambios ocurra, incrementa con la magnitud y duración.

Los efectos del calentamiento global no serían uniformemente negativos. Los cambios podrían ser beneficiosos para algunas regiones e igualmente negativos para otras. Los científicos no pueden predecir con precisión cuando ocurrirán y la magnitud de los efectos que podría desencadenar el calentamiento global.

Según encuestas de diferentes regiones del mundo, el calentamiento global es hoy una preocupación mayor en la vida cotidiana de las personas. En ciertas ciudades se ha constatado que más del 90% de la población tiene preocupación por los efectos que dicho fenómeno podría traer a futuras generaciones.

Efectos medioambientales

Efectos en el clima

El incremento de la temperatura llevaría al incremento de las precipitaciones, pero el efecto en las tormentas es menos claro. Las tormentas extratropicales dependen parcialmente en la graduación de la temperatura, que se debilitaría en el hemisferio norte mientras la región polar se calienta más que el resto del hemisferio; esto provocaría una baja en los niveles de hielo y una subida en los ciclos de deshielo a nivel mundial.

La temperatura del planeta ha venido elevándose a mediados del siglo XX cuando se puso fin a la etapa conocida como edad de hielo, predicciones basadas en diferentes modelos del incremento de la temperatura media global respecto de su valor en el año 2000, cualquier tipo de cambio climático además implica cambio en otras variables la complejidad del problema y sus similares múltiples interacciones hacen que la única manera de evaluar estos cambios se mediante el uso de modelos de computación que intentan simular la física de atmósfera y del oceano, la teoría antropologica predice que el calentamiento global continuara si lo hacen las emisiones de gases de efecto invernadero. El cuerpo de la ONU encargado del análisis de los datos científicos es el panel intergubernamental del cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés de inter-Governmental Panel on Climate Change).

Retroceso y desaparición de los glaciares

Desde tiempos históricos, los glaciares crecieron durante el frío período desde 1550 hasta 1850, conocido como la Pequeña Edad de Hielo. Como consecuencia de que el clima se hacía cada vez más cálido, hasta 1950 aproximadamente, glaciares de todo el mundo han visto decrecer su volumen. El retroceso de los glaciares disminuyó y se invirtió en numerosos casos desde 1950 hasta 1980. Desde 1980 el retroceso de los glaciares se ha convertido en un rápido proceso que ha amenazado la existencia de numerosos glaciares en el mundo. Este proceso ha sufrido un profundo incremento desde 1995.^[1]

Excluyendo las capas de hielo del Ártico y de la Antártida, la superficie total de los glaciares en todo el mundo ha decrecido en un 50% desde finales del siglo XIX^[2]. Actualmente la tasa del retroceso de los glaciares y su pérdida de masa ha aumentado en los Andes, Alpes, Pirineos, Himalaya y en las Montañas Rocosas. La pérdida de glaciares no sólo provoca inundaciones ó desbordamientos de lagos glaciales,^[3] sino también aumenta la variación anual del caudal en ríos.

De particular importancia son los deshielos de Hindu Kush y del Himalaya que suponen la principal fuente de agua en las estaciones secas de algunos de los mayores ríos de Asia. El aumento del deshielo podría causar una mayor crecida en las próximas décadas, después de la cual algunas de las regiones más pobladas de la Tierra van a sufrir una escasez de agua, mientras la fuente de los glaciares disminuye. De acuerdo con un comunicado de UN, los glaciares del Himalaya, fuentes de los mayores ríos de Asia—Ganges, Brahmaputra, Yangtze, Mekong, Salween y Yellow—podrían desaparecer hacia 2035 debido al incremento de temperatura.

Aproximadamente 2400 millones de personas viven en la cuenca hidrográfica de los ríos del Himalaya. India, China, Pakistán, Bangladesh, Nepal y Myanmar podrían experimentar inundaciones seguidas de sequías en las próximas décadas. Sólo en la India, el río Ganges provee agua para beber y cosechar para más de 500 millones de personas. Tiene que ser reconocido, sin embargo, que el incremento estacional de los glaciares del Himalaya ha llevado al incremento de la producción agrícola en el norte de la India a través del siglo veinte.



Noruega, glaciar de Briksdal

El retroceso de los glaciares, evidente en el noroeste de América, Asia, los Alpes, Pirineos, Indonesia, África, y regiones tropicales y sub-tropicales de América del Sur ha sido utilizado para proveer un soporte cualitativo al incremento de las temperaturas globales desde finales del siglo veintiuno. Algunos glaciares están desapareciendo por el deshielo de futuras fuentes de agua en estas regiones.

En Groenlandia desde el año 2000, numerosos glaciares que habían permanecido estables durante un largo periodo, sufrieron un retroceso. Tres glaciares estudiados, Helheim, Jakobshavns y Kangerdlugssuaq vierten conjuntamente más del 16% de la Capa de Hielo de Groenlandia. Imágenes del satélite y fotografías aéreas de los años 50 y 70 muestran cómo la parte frontal de los glaciares ha permanecido en el mismo lugar durante décadas. Pero en el año 2001 empezó rápidamente el retroceso, retrocediendo 7.2 km (4.5 mi) entre 2001 y 2005. Jakobshavn Isbræ en el oeste de Groenlandia es considerado generalmente el glaciar que más rápido se mueve del mundo. Ha estado moviéndose continuamente a velocidades de 24 m (79 pies)/día. La lengua del glaciar empezó a agrietarse en el año 2000, llegando casi a su completo deshielo en 2003, mientras la tasa de retroceso se duplicó hasta 30 m (98 pies)/día.

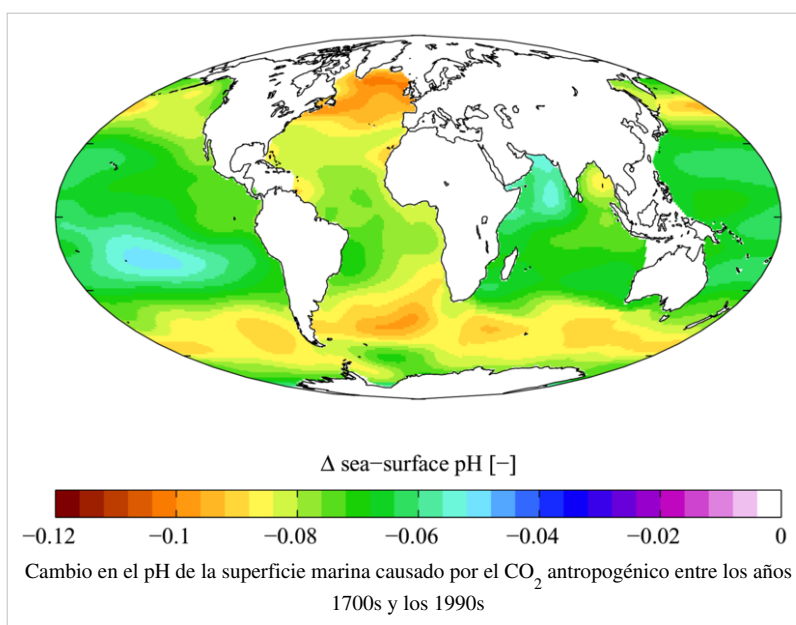
Acidificación del océano

La acidificación del océano es el nombre dado al descenso en el grado de pH de los océanos de la tierra, causado por la toma de dióxido de carbono desde la atmósfera.

El océano absorbe gran parte del CO_2 producido por los seres vivos en forma de gas, pero también una gran cantidad del producido a causa de la combustión de combustibles fósiles y a la creación de cemento, por ejemplo. Los océanos absorben actualmente una tonelada de CO_2 por persona y año, además, se estima que el océano ha absorbido la mitad de todo el CO_2 producido por acciones humanas desde el año 1800.

El CO_2 disuelto en agua de mar, incrementa la concentración de iones hidrógeno y esto hace que descienda el pH del océano. Un pequeño cambio en el pH del agua puede suponer en muchos casos catástrofes medioambientales graves como la destrucción de arrecifes de coral, especialmente susceptible a cambios en la acidez del agua de mar. Se estima que entre 1751 y 1994 el pH de la superficie del océano ha descendido desde aproximadamente 8.179 a 8.104 (-0.075) ^[4] ^[5] y se prevé que a medida que el océano absorba mas CO_2 para 2100 se produzca un descenso de más de 0.3-0.5 ^[4] ^[6].

Véase también: Cambio climático#Acidificación

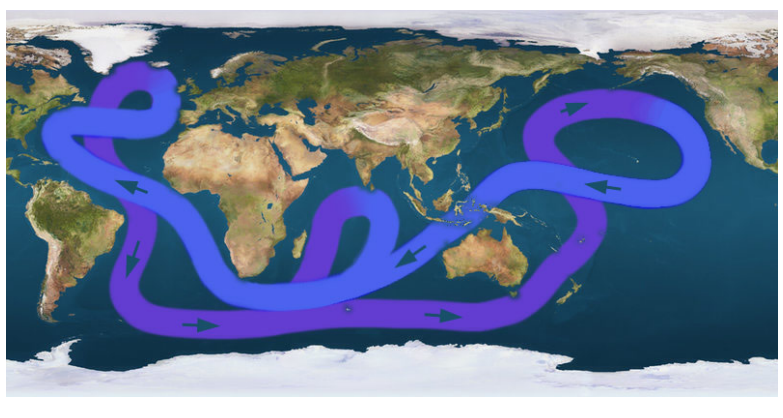


Parada de la circulación de la Corriente Termohalina

Se llama corriente termohalina a la circulación convectiva que afecta de modo global al conjunto de las masas de agua oceánica. Es muy importante por su participación en el flujo neto de calor desde las regiones tropicales hacia las polares, sin la que no se comprendería el clima terrestre.

Esta corriente puede describirse como un flujo de agua superficial que se calienta en el Pacífico y el Índico hasta Atlántico, en cuyas latitudes tropicales sigue recibiendo calor, para finalmente hundirse en el Atlántico Norte, retornando en niveles más profundos.

Se especula que el calentamiento del planeta podría producir una parada o retardo en la circulación de estas corrientes marinas, provocando un



enfriamiento o un menor calentamiento en el Atlántico Norte. Esto afectaría particularmente a áreas como Escandinavia y Gran Bretaña que son calentadas por esta corriente que avanza hacia el Atlántico Norte.

Las opiniones sobre este acontecimiento en las corrientes marinas a corto plazo son confusas; hay una cierta evidencia de la estabilidad a corto plazo de la corriente del Golfo del Atlántico Norte y del posible debilitamiento de la corriente en dicha zona. Sin embargo, el grado de debilitamiento, y si será suficiente para parar las corrientes termohalinas está bajo discusión. Si se corta la corriente termohalina el ser humano está en graves problemas, pues hace 250 millones de años una falla en esta corriente produjo la extinción de más del 90% de la vida.

Efectos económicos

Existen muchas estimaciones que han sido publicadas sobre los beneficios económicos netos y los costos del → cambio climático en todo el mundo, como es el caso de Nicholas Stern, ex economista en jefe y Señor Vice-Presidente del Banco Mundial que advierte que el cambio climático podría afectar al crecimiento mundial que podría reducirse si no se toman medidas.^[7] En su informe, Stern sugiere que el uno por ciento del PIB mundial debería invertirse con el fin de mitigar los efectos del cambio climático, y que el hecho de no hacerlo podría provocar una recesión de hasta el veinte por ciento del PIB mundial^[8] y que el → cambio climático amenaza con provocar la mayor deficiencia de mercado jamás vista. El informe ha tenido importantes efectos políticos.

El Informe Stern ha sido criticado por algunos economistas, Stern dijo que no considera los gastos pasados 2200, que utilizó una incorrecta tasa de descuento en sus cálculos, y que detener o frenar significativamente el cambio climático requerirá profundas reducciones de emisiones en todo el mundo. Otros economistas han apoyado el enfoque de Stern, o sostuvo que las estimaciones de Stern son razonables, incluso si el método por el cual llegó a ellos está abierto a la crítica.

Seguros

Una industria muy directamente afectada por los riesgos es el sector de los seguros, el número de grandes desastres naturales se ha triplicado desde la década de 1960, y el aumento de las pérdidas aseguradas. Según un estudio, 35-40 % de las peores catástrofes han sido relacionados con el cambio climático. Durante las tres últimas décadas, la proporción de la población mundial afectada por desastres relacionados con el clima se ha duplicado en la tendencia lineal, pasando de aproximadamente del 2% en 1975 a 4% en 2001. Un informe de junio de 2004 por la Asociación de Aseguradoras Británicas declaró "El cambio climático no es una cuestión remota para las generaciones futuras". La Comisión tomó nota de que los riesgos meteorológicos para los hogares y los bienes aumentó de 2-4% por año

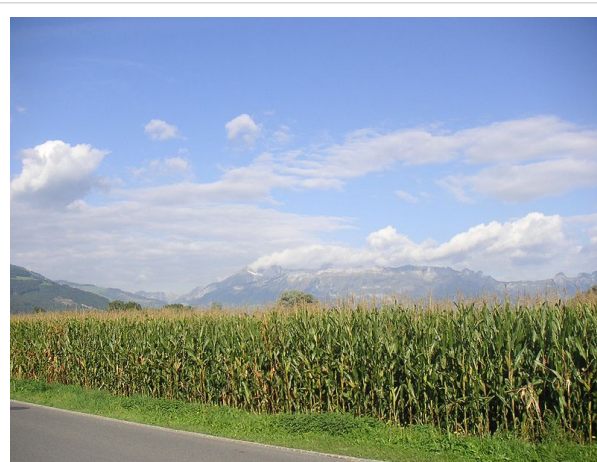
debido a los cambios de clima, y que las reclamaciones en daños por tormentas e inundaciones en el Reino Unido se ha duplicado, a más de 6 millones de libras esterlinas durante el período 1998-2003, en comparación con los cinco años anteriores. Los resultados son el aumento de las primas de seguros, y el riesgo de que en algunas zonas de inundación el seguro se convertirá en inasequible para algunos. Instituciones financieras, incluido el mundo de las dos mayores compañías de seguros, Munich Re y Swiss Re, advirtió en un estudio de 2002 que "la creciente frecuencia de eventos climáticos graves, junto con las tendencias sociales" podría costar casi 150 millones de dólares en los EE.UU. cada año durante la próxima década. Estos costes, mediante el aumento de los gastos relacionados con seguros y de socorro en casos de desastre.

Transporte

En cuanto al transporte buena parte de las infraestructuras actuales se verán dañadas por efecto del cambio del clima (aumento de la temperatura, lluvias torrenciales, etc.), lo que provocara mayores inversiones para su reparación y renovación tanto en carreteras, aeropuertos (pistas de aterrizaje), vías férreas y oleoductos.

Agricultura

El cambio climático y la agricultura son procesos interrelacionados que tienen lugar a escala mundial. El calentamiento global está enfocado a tener un impacto significativo sobre las condiciones que afectan a la agricultura, y también por supuesto a la temperatura y precipitaciones. Estas condiciones son las que determinan la capacidad de la biosfera para producir suficientes alimentos para la población humana y para los animales domésticos. Así por ejemplo, el aumento de los niveles de dióxido de carbono también tendría efectos tanto beneficiosos como perjudiciales sobre el rendimiento de los cultivos.



Una plantación de maíz en Liechtenstein

Impacto de la agricultura en el calentamiento global

Cerca de un tercio del calentamiento de la atmósfera y el cambio climático obedece a la agricultura. En general se reconoce que gran parte del principal gas que produce el efecto invernadero, el dióxido de carbono, procede de la agricultura, sobre todo de la deforestación y la quema de biomasa. Los rumiantes domésticos, los incendios forestales, el cultivo de arroz en los humedales y los productos de desecho producen la mayor parte del metano que hay en la atmósfera, a la vez que la labranza convencional y la utilización de fertilizantes generan un alto porcentaje de los óxidos nitrosos.^[9] En conjunto, estos procesos agrícolas comprenden el 54% de las emisiones de metano, aproximadamente el 80% de las emisiones de óxido nitroso, y prácticamente todas las emisiones de dióxido de carbono vinculadas a la utilización de la tierra. Según el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), la agricultura se encuentra entre las 3 causas principales del aumento del efecto invernadero observado en los últimos 250 años.

En Islandia el aumento de temperaturas han hecho posible una siembra generalizada de cebada, cosa que era impensable hace 20 años. Una parte de este calentamiento se debe a un efecto local (posiblemente temporal) procedente de las corrientes oceánicas del Caribe, las cuales también afectan a muchas poblaciones de peces.^[10]

Impacto del calentamiento global en la agricultura

La temperatura media de la superficie de la tierra ha aumentado en 1 grado F en el último siglo. En Islandia este aumento de temperaturas han hecho posible una siembra generalizada de cebada, cosa que era impensable hace 20 años. Una parte de este calentamiento se debe a un efecto local (posiblemente temporal) procedente de las corrientes oceánicas del Caribe, las cuales también afectan a muchas poblaciones de peces. Si bien se podían sentir beneficios locales de este calentamiento global en algunas regiones (tales como Siberia), las evidencias más recientes dicen que el rendimiento global de los cultivos y cosechas serán afectados negativamente. “El crecimiento de las temperaturas atmosféricas, las grandes sequías, los efectos secundarios de ambos tales como los altos niveles de ozono a nivel de tierra, contribuirán a una substancial reducción del rendimiento de los cultivos de los alimentos básicos en la próximas décadas lo que podría ser insuficiente para hacer frente a un aumento de la población situado entorno a 2000 millones de personas más para el 2025 sino se realiza un cambio inmediato”.^[11]

La región que probablemente haya sido la más afectada es África porque su situación geográfica hace que sea particularmente vulnerable y porque el 70% de la población dependen de la agricultura de secano para su subsistencia. El informe oficial de Tanzania sobre el cambio climático dice que las zonas que normalmente tienen dos temporadas de lluvia al año probablemente tengan algo más y aquellas zonas que están acostumbradas a tener una sola temporada de lluvias tendrán mucho menos. El resultado neto de esto significa que el cultivo del maíz – el cultivo básico del país – disminuirá un 33%.^[12] Algunos estudios sostienen que el sur de África podría perder más del 30% de su cultivo principal, el maíz, en 2030. En el sur de Asia las pérdidas de productos básicos tales como el arroz, el mijo y el maíz podrían llegar al 10%. En 2001 la IPCC subrayó que los países más pobres serían los más duramente afectados con fuertes reducciones del rendimiento de los cultivos en muchas regiones tropicales y subtropicales debido a la dificultad de traer agua y a las nuevas plagas de insectos. En África y Latinoamérica muchos de los cultivos de secano están muy cerca de sus máximas temperaturas permitidas, lo que está produciendo que el rendimiento caiga bruscamente. Está previsto que durante el siglo 21 la productividad caiga por encima del 30%. También la industria del pescado se verá muy afectada en muchos lugares.

El cambio climático puede que sea una de las causas de conflicto de Darfur(Sudán). La combinación de décadas de sequía, desertificación y sobrepoblación son algunas de las causas del conflicto porque los árabes Baggara (árabes nómadas) llevaban sus ganados más al sur en busca de agua, a la tierra ocupada principalmente para la agricultura de los pueblos.^[13]

“El histórico del cambio climático, según consta en el norte de Darfur es casi sin precedentes: la reducción de las lluvias ha convertido millones de hectáreas en tierras semidesiertas de pastoreo. El impacto del cambio climático se considera directamente relacionado con el conflicto de la región. La desertificación ha aumentando considerablemente la tensión por los medios de subsistencia de las sociedades de pastores, obligándolos a desplazarse al sur para encontrar pastos”.

En 2007, el aumento de los incentivos a los agricultores a cultivar productos no alimentarios de biocombustibles^[14] junto con otros factores (como el aumento de los costos de transporte, el cambio climático, el aumento de la demanda de los consumidores en China y la India, y el crecimiento de la población) ha causado la escasez de alimentos en Asia, el Oriente Medio, África, y México, así como el aumento de los precios de los alimentos en todo el mundo. En diciembre de 2007, 37 países se enfrentan a crisis de alimentos, y 20 habían impuesto algún tipo de control de precios a los alimentos (véase: crisis alimentaria).

Otro punto importante a considerar es que las malas hierbas también realizan el mismo ciclo que los cultivos y por tanto también se beneficiarían de la fertilización de carbono. Dado que la mayoría de las malezas son plantas C3(Se llaman así porque en las de tipo C3 el primer compuesto orgánico fabricado en la fotosíntesis tiene 3 átomos de carbono y en el tipo C4 tiene 4), están compitiendo contra los cultivos C4 tales como el tomate. Sin embargo, algunos resultados hacen posible pensar que los herbicidas pueden ganar en eficacia con el aumento de la temperatura. El calentamiento global podría causar un aumento en las precipitaciones en algunas zonas, lo que llevaría a un aumento de la humedad atmosférica y la duración de las estaciones húmedas. Combinado esto con las

altas temperaturas, podría favorecer el desarrollo de enfermedades fungosas. El estado Barinas (Venezuela) está sufriendo este efecto ,sobre todo en el cultivo de la Yuca. También el aumento de temperatura y de la humedad está favoreciendo el incremento de las plagas de insectos.

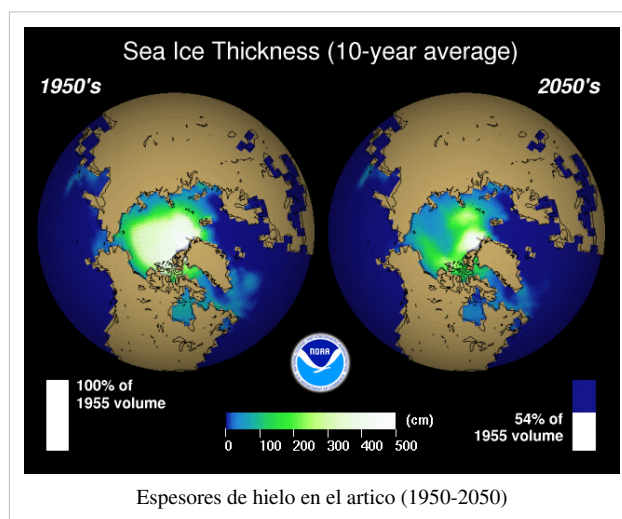
Defensa de inundaciones

Por razones históricas que tienen que ver con el comercio, muchas de las grandes y más prósperas ciudades del mundo están en la costa, y el costo de la construcción de mejores defensas costeras (debido a la subida del nivel del mar) es probable que sea considerable. Algunos países se verán más afectados que otros, los países de baja altitud como Bangladesh y los Países Bajos sería más afectadas por cualquier aumento del nivel del mar, en términos de las inundaciones o el costo de la prevención de ellos. Sin embargo, en 180 de 192 países de todo el mundo litoral, la protección de la costa tendrá un costo inferior al 0,1% del producto interno bruto del país.

En los países en desarrollo, los más pobres suelen vivir en las llanuras de inundación, porque es el único espacio disponible, o tierras agrícolas fértiles. Estos asentamientos suelen carecer de infraestructura tales como diques y sistemas de alerta temprana. Las comunidades más pobres también tienden a carecer de los seguros, de ahorros o de acceso al crédito necesario para recuperarse de los desastres.

Paso del Noroeste

La fusión de hielo ártico puede abrir el pasaje del Noroeste, en verano, lo que reduciría 5.000 millas náuticas (9,000 km) de las rutas marítimas entre Europa y Asia. Esto sería de particular beneficio para los supertanqueros que son demasiado grandes para pasar a través del Canal de Panamá y en la actualidad tienen que ir alrededor de la punta de América del Sur. Según el Servicio canadiense de hielo, la cantidad de hielo en el este de Canadá el Archipiélago Ártico disminuyó un 15% entre 1969 y 2004. En septiembre de 2007, el casquete glaciar del Ártico se retiró lo suficiente para el pasaje del Noroeste para convertirse en navegable para la navegación por primera vez en la historia. En agosto de 2008, la fusión de los hielos marinos al mismo tiempo abrió el pasaje del Noroeste y la Ruta del Mar del Norte, por lo que es posible navegar todo el hielo del Ártico. Los científicos estiman que esto no ha sucedido en 125.000 años. El pasaje del Noroeste se abrió 25 de agosto de 2008, y el resto de la lengua de hielo bloqueando la Ruta del Mar del Norte se disolvió pocos días después. Debido a la contracción del Ártico, el Beluga grupo de Bremen, Alemania, anunció planes para enviar el primer barco a través de la Ruta del Mar del Norte en 2151.



Salud

Efectos directos del aumento de las temperaturas

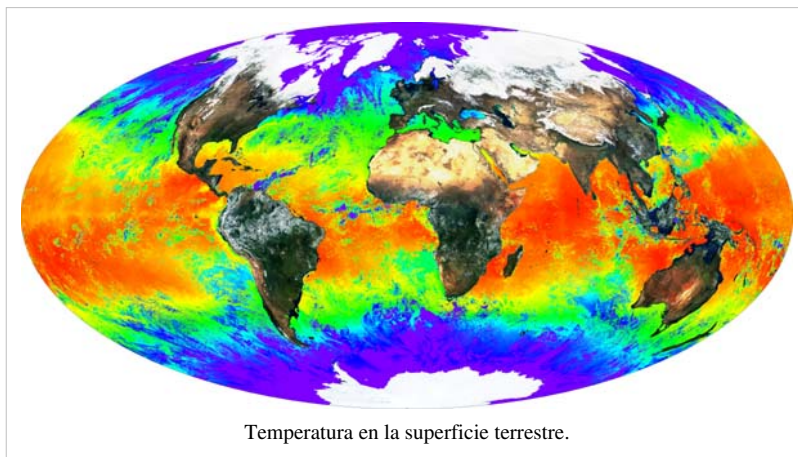
El efecto más directo del cambio climático sobre los humanos probablemente será el impacto que tendrán sobre los mismos las altas temperaturas que se alcanzaran. Estas temperaturas extremas conllevaran un incremento en el número de muertes, debido fundamentalmente a que el sistema cardiovascular de las personas con enfermedades cardíacas, no será capaz de soportar el enorme esfuerzo que el cuerpo deberá realizar para mantenerse refrigerado en los periodos más cálidos. Por esto, diversos doctores han anunciado^[15] que el calentamiento global podría significar un incremento en el número de enfermedades relacionadas con el corazón. Además de esto, estas variaciones en la temperatura acarrearán consigo un aumento en los problemas de carácter respiratorio, y en los episodios de extenuación y deshidratación como las lipotimias. Otro importante problema que desencadenara esta subida en la temperatura media del planeta será el incremento, en las capas limítrofes de la atmósfera con la tierra, de las partículas de Ozono, un gas que aunque su presencia en la estratosfera nos proporciona enormes beneficios, por filtrar los rayos solares nocivos, al nivel del suelo resulta altamente contaminante, lo cual representará un gran inconveniente, fundamentalmente para personas con asma y con problemas respiratorios.^[16]



La Tierra vista desde el Apolo 17.

Por otro lado, este aumento de temperatura, provocara a su vez un descenso en la mortalidad causada por el frío extremo que se produce en algunas regiones del planeta en el periodo invernal. Por esto, el número de muertes anuales debido a los factores climáticos podría no aumentar. Palutikof “et al”. (1996) Ha estimado que un aumento de 1°C en la temperatura media global, supondría, en al área que comprende a Reino unido y Gales, una reducción de 7000 muertes anuales.^[17] A su vez, Keatinge “et al”. (2000) sugiere que cualquier incremento en la mortalidad debido al aumento en la temperatura será contrarrestado con creces por el enorme descenso en el número de muertes causadas por el frío.^[18] Sin embargo, Un informe del gobierno, muestra, en el Reino Unido, un descenso en la mortalidad debido al calentamiento sufrido hasta esta última década, pero predice un aumento en el número de muertos en el futuro si el calentamiento continua como hasta ahora.^[19] Las olas de calor en Europa del año 2003 causaron la muerte de entre 22000 a 35000 personas.^[20] . Peter A. Stott, del [Hadley Centre for Climate Prediction and Research]] ha estimado con una fiabilidad del 90%, que la influencia sobre el clima, del ser humano en el pasado, fue la causa de que esta ola de calor alcanzara al menos una potencia destructora dos veces mayor de lo que hubiese alcanzado sin esta influencia de carácter humano.^[21] Como dato de interés cabe añadir que en el Reino Unido mueren cada año más de 100 personas por frío, mientras que lo hacen el doble por calor.^[22]

Expansión de enfermedades



El calentamiento global puede extender las zonas de acción de los vectores víricos, propiciando la transmisión de enfermedades de carácter infeccioso como el dengue^[23] y la malaria.^{[24] [25]} En los países menos desarrollados, esto sencillamente potenciará todavía más las elevadas tasas de incidencia de estos males, mientras que en los países más desarrollados, en los cuales estas enfermedades habían sido erradicadas,

o se controlaban mediante la vacunación, o simplemente con medidas higiénicas o con pesticidas, las consecuencias se sentirán mas en la economía que en la salud. la Organización mundial de la salud (OMS-WHO), ha alertado de que el calentamiento global podría incrementar el número de enfermedades causadas por parásitos, en toda Europa, principalmente, debido a un aumento en las poblaciones de garrapatas, mosquitos, moscas y parásitos intestinales. También otras enfermedades, como la malaria podrían reaparecer en zonas que comprendan a países desarrollados, como Europa, cuya última epidemia tuvo lugar en los países bajos en 1950, y los Estados Unidos, en los cuales la malaria ha sido endémica en al menos 36 estados hasta 1940.^[26] siendo erradicada por completo en 1949, con la introducción del DDT.^[27] También recientemente se ha descubierto que la malaria ha comenzado a darse en las altas regiones de Nueva Guinea, en las que debido a su clima demasiado frío, los mosquitos portadores no podían sobrevivir hasta hace escasos años.^[28] La OMS estima en 150000 las muertes anuales como consecuencia del cambio climático, de las cuales, la mitad se localizarán en la región de Asia y todo el Pacífico.^[29]

Población infantil

El 29 de abril del 2008 , un informe de UNICEF informaba de que el calentamiento global esta reduciendo la calidad de vida de los niños más vulnerables y haciéndola más difícil, debido a la reducción de los accesos al agua potable y a las reservas de alimento que este supone, fundamentalmente en Africa y Asia. Así mismo se espera que enfermedades, desastres y violencia se intensifiquen y se hagan más frecuentes, empeorando el futuro de la infancia más pobre del mundo.^[30]

Efectos sociales

Migraciones

En la década de 1990 una serie de estimaciones colocan el número de refugiados ambientales en alrededor de 25 millones. (Los refugiados ambientales no están incluidos en la definición oficial de los refugiados, que sólo incluye a los migrantes que huyen de la persecución.) El Grupo Inter-gubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que asesora a los gobiernos del mundo bajo los auspicios de las Naciones Unidas, estima que existiran 150 millones de refugiados en el año 2050, debido principalmente a los efectos de las inundaciones costeras, la erosión costera y los trastornos agrícolas (150 millones significa el 1,5% de la población mundial estimada para el año 2050 (unos 10 mil millones).^{[31] [32]}

Desarrollo

Los efectos combinados del calentamiento del planeta puede tener efectos particularmente graves en las personas y los países sin los recursos necesarios para mitigar esos efectos. Esto puede desacelerar el desarrollo económico y la reducción de la pobreza, y hacer más difícil para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio.^[33]

En octubre de 2004 el Grupo de Trabajo sobre el Cambio Climático y el Desarrollo, una coalición de desarrollo y organizaciones no gubernamentales del medio ambiente, emitió un informe sobre los efectos del cambio climático en el desarrollo.

Seguridad

La Military Advisory Board, un comité de generales y almirantes americanos, expuso un informe titulado "National Security and the Threat of Climate Change." (Seguridad nacional y la amenaza del cambio climático). El informe predice que el calentamiento global tendrá implicaciones generales en el ámbito de la seguridad.^[34] La secretaria de asuntos exteriores de Gran Bretaña, Margaret Beckett expuso que " Un clima inestable exacerbará varios de los temas actuales de conflicto, como los fenómenos migratorios y la competencia por los recursos.^[35] Varias semanas antes de esto, el senador de los Estados Unidos Chuck Hagel (R-NB) y Richard Durbin (D-IL) presentaron un proyecto al Congreso de los EEUU que requería la colaboración de las agencias federales de inteligencia para evaluar los desafíos que supone el cambio climático.^[36] En noviembre de 2007 dos grupos de presión de Washington, el ya consagrado Center for Strategic and International Studies (Centro para los estudios estratégicos e internacionales) y el recientemente establecido Center for a New American Security (Centro para una nueva seguridad americana), publicaron un informe analizando las implicaciones en la seguridad mundial de tres escenarios del calentamiento global. El informe considera tres escenarios diferentes, dos con una perspectiva aproximada de 30 años , y una del periodo de tiempo posterior a 2100. He aquí sus conclusiones generales resumidas:^[37]

- "Hay una falta de datos rigurosamente analizados o de modelos fiables para determinar con toda certeza el rumbo del aumento de temperatura y el ascenso del nivel de los mares asociados al cambio climático en las décadas venideras."
- "Muchas predicciones científicas en el ámbito global del cambio climático en las últimas dos décadas, han infravalorado la situación actual."
- "La tendencia actual debería mantenerse al examinar predicciones contemporáneas de los parámetros climáticos del futuro."
- "Algunos países pueden obtener beneficios del cambio climático a corto plazo, pero de ninguna manera pueden considerarse afortunados. Mientras las estaciones de cosecha pueden aumentar en algunos lugares, y el deshielo de los polos puede abrir nuevas rutas comerciales por mar en otras, las consecuencias negativas como el colapso de los sistemas oceánicos con el consiguiente perjuicio para la vida marina y la pesca, podrían fácilmente contrarrestar cualquier ventaja local o nacional."
- "Quizás el problema más preocupante asociado con el aumento de las temperaturas y el nivel del mar sean a largo plazo las migraciones humanas que provocarán."
- "Las zonas subdesarrolladas, al poseer menos recursos y menos capacidad para afrontar el cambio climático, probablemente serán las primeras en achacar los efectos del mismo."

Efectos abruptos e irreversibles

Los científicos consensúan en el IPCC Fourth Assessment Report en que "El calentamiento antropológico puede provocar cambios abruptos o irreversibles, en función de la magnitud del calentamiento global."

Informe de síntesis

Este informe fue presentado en Valencia el 17 de noviembre del 2007. En esta reunión, el secretario general de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) Ban Ki-moon declaró ante los miembros del Grupo Internacional de Expertos sobre el Cambio Climático de Naciones Unidas IPCC que existen métodos "reales y asequibles" para combatir el cambio climático y urgió a los políticos a que den respuesta a las evidencias mostradas por los científicos. El documento sostiene que existen distintas políticas e instrumentos para conseguir la reducción de las emisiones, entre ellos la de aplicar impuestos y la retirada de subsidios a los combustibles fósiles, gestión de la demanda de energía, etc.

Efectos

Según el informe en la última década (1995-2006), se encuentran los años más calurosos desde la existencia de toma de datos de las temperaturas en 1850. La media mundial de aumento de los niveles del mar desde 1961 es de 1,3 milímetros al año y desde 1993 de 3,1 milímetros. Según los datos obtenidos por satélite la extensión de hielo del Ártico se reduce en un 2,7% por década siendo estos valores del 7,2% por década en verano. Los glaciares y capas de nieve perpetuas también están disminuyendo en ambos hemisferios. Es probable también que en los últimos 50 años el número de noches frías y las heladas hayan disminuido y en cambio las más cálidas hayan aumentado. Hasta el momento, se ha comprobado que el dióxido de carbono (CO₂), introducido por el hombre desde el comienzo de la era industrial, es el más importante de los gases de efecto invernadero. Sus emisiones anuales crecieron en un 80% entre 1970 y 2004. Otro de los efectos es la reducción de las precipitaciones lo que provocaría un mayor estrés hídrico en distintas zonas de África, Europa y Asia pudiendo ser estas reducciones de precipitaciones de un 50% lo que provocaría largos periodos de sequía. Esta escasez de lluvias tendría también efecto directo en los cultivos de secano provocando una reducción de producción de los mismos. Estos aumentos de temperatura y la reducción de las cantidades de lluvia provocarían la desaparición de gran parte de los bosques de América latina y el deshielo de los glaciares causará la reducción considerable de las reservas de agua tanto para el consumo humano como para el riego de los cultivos o el aprovechamiento de las aguas en la generación de energía eléctrica.

Efectos abruptos

La pérdida parcial de la capa de hielo en los polos puede influir en el aumento de los niveles del mar, un mayor cambio en la línea de costa e inundación de líneas bajas de costa, además provocaría efectos en deltas de los ríos y en las islas de poca altura. Estos cambios se cree que pase en una escala de tiempos de miles de años pero la subida de nivel de los mares no se excluye que pueda pasar en una escala de tiempos más corto de unos cientos de años.^[38]

Véase también

- Experimento Lohafex

Bibliografía complementaria

- James Trefil (2005). *Gestionemos la naturaleza*. Antoni Bosch editor. ISBN 978-84-95348-20-3.
- Manuel Vargas Yáñez, *et al.* (2008). *Cambio Climático en el Mediterráneo español* ^[48]. Instituto Español de Oceanografía. ISBN 84-95877-39-2.

Enlaces externos

- Impactos del cambio climático sobre la salud humana ^[39].
- EPA: Health and Environmental Effects of Global Warming ^[40]
- Human Global Warming ^[41]
- The Impacts of Global Warming and Climate Change ^[42] from The Nature Conservancy
- Global Warming Information from the Ocean & Climate Change Institute ^[43], Woods Hole Oceanographic Institution

Referencias

- [1] World Glacier Monitoring Service. « Home page (<http://www.geo.unizh.ch/wgms/fog.html>) ». Consultado el December 20 de 2005.
- [2] « Retreat of the glaciers (http://www.munichre.com/en/ts/geo_risks/climate_change_and_insurance/retreat_of_the_glaciers/default.aspx) ». Munich Re Group. Consultado el 2007-12-12.
- [3] « Glacial Lake Outburst Flood Monitoring and Early Warning System (<http://www.rrcap.unep.org/issues/glof/>) ». United Nations Environment Programme. Consultado el 2007-12-12.
- [4] Orr, James C.; Fabry, Victoria J.; Aumont, Olivier; Bopp, Laurent; Doney, Scott C.; Feely, Richard A. *et al.* (2005). « Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms (http://www.ipsl.jussieu.fr/~jomce/acidification/paper/Orr_OnlineNature04095.pdf) » *Nature*. Vol. 437. n.º 7059. pp. 681-686. ISSN 0028-0836 (<http://www.worldcat.org/issn/0028-0836>). DOI 10.1038/nature04095 (<http://dx.doi.org/10.1038/nature04095>).
- [5] Key, R.M.; Kozyr, A.; Sabine, C.L.; Lee, K.; Wanninkhof, R.; Bullister, J.; Feely, R.A.; Millero, F.; Mordy, C. and Peng, T.-H. (2004). « A global ocean carbon climatology: Results from GLODAP » *Global Biogeochemical Cycles*. Vol. 18. pp. GB4031. ISSN 0886-6236 (<http://www.worldcat.org/issn/0886-6236>). DOI 10.1029/2004GB002247 (<http://dx.doi.org/10.1029/2004GB002247>).
- [6] Raven, J. A. *et al.* (2005). Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. (<http://www.royalsoc.ac.uk/displaypagedoc.asp?id=13314>) Royal Society, London, UK.
- [7] Robert Peston (2006-10-29). « Report's stark warning on climate (<http://news.bbc.co.uk/1/hi/business/6096594.stm>) ». BBC News. Consultado el 2008-01-22.
- [8] « At-a-glance: The Stern Review (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/6098362.stm>) ». BBC News (2006-10-30). Consultado el 2008-01-22.
- [9] « Agricultura y cambio climático (<http://www.fao.org/WAICENT/faoINFO/AGRICULT/esp/revista/0103sp2.htm>) » (2001).
- [10] Paul Brown (2005-06-30). « Frozen assets (<http://www.guardian.co.uk/climatechange/story/0,12374,1517939,00.html>) ». The Guardian. Consultado el 2008-01-22.
- [11] *The Independent*, April 27, 2005, "Climate change poses threat to food supply, scientists say" - report on this event (<http://www.royalsoc.ac.uk/event.asp?id=2844>)
- [12] John Vidal (2005-06-30). « In the land where life is on hold (<http://www.guardian.co.uk/climatechange/story/0,12374,1517935,00.html>) ». The Guardian. Consultado el 2008-01-22.
- [13] Nina Brenjo (2007-07-30). « Looking to water to find peace in Darfur (<http://www.alertnet.org/db/blogs/1265/2007/06/30-100806-1.htm>) ». Reuters AlertNet. Consultado el 2008-01-22.
- [14] 2008: The year of global food crisis (http://www.sundayherald.com/news/heraldnews/display.var.2104849.0.2008_the_year_of_global_food_crisis.php)
- [15] Global warming could mean more heart problems, doctors warn (<http://www.iht.com/articles/ap/2007/09/05/europe/EU-MED-Global-Warming-Hearts.php>) September 2007 Associated Press
- [16] McMichael, A.J., Campbell-Lendrum, D.H., Corvalán, C.F., Ebi, K.L., Githeko, A., Scheraga, J.D. and Woodward, A. (2003). « Climate Change and Human Health – Risk and Responses (<http://www.who.int/globalchange/climate/summary/en/index.html>) ». World Health Organization, Geneva.
- [17] J.P. Palutikof, S. Subak and M.D. Agnew (1996). «Impacts of the exceptionally hot weather in 1995 in the UK» *Climate Monitor*. Vol. 25. n.º 3.
- [18] Keatinge, W. R.; *et al.* (2000). «Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study» *British Medical Journal*. Vol. 321. n.º 7262. pp. 670–673. DOI 10.1136/bmj.321.7262.670 (<http://dx.doi.org/10.1136/bmj.321.7262.670>). PMID 10987770 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10987770>).

- [19] Department of Health and Health Protection Agency (February 12, 2008), *Health effects of climate change in the UK 2008: an update of the Department of Health report 2001/2002* (http://www.dh.gov.uk/en/Publicationsandstatistics/Publications/PublicationsPolicyAndGuidance/DH_080702),
- [20] Schär, C.; Jendritzky, G. (2004). «Hot news from summer 2003» *Nature*. Vol. 432. n.º 7017. pp. 559–60. DOI 10.1038/432559a (<http://dx.doi.org/10.1038/432559a>).
- [21] Peter A. Stott; D.A. Stone, M.R. Allen (2004). «Human contribution to the European heatwave of 2003» *Nature*. Vol. 432. pp. 610–614. ISSN 0028-0836 (<http://www.worldcat.org/issn/0028-0836>). DOI 10.1038/nature03089 (<http://dx.doi.org/10.1038/nature03089>).
- [22] Climate Change - Health and Environmental Effects (<http://www.epa.gov/climatechange/effects/health.html>) US-EPA
- [23] Hales, Simon; *et al.* (2002-09-14). «Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model (<http://image.thelancet.com/extras/01art11175web.pdf>)» *The Lancet*. Vol. 360. n.º 9336. pp. 830–834. DOI 10.1016/S0140-6736(02)09964-6 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)09964-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(02)09964-6)).
- [24] Rogers, D.; S. Randolph (2000-09-08). «The global spread of malaria in a future warmer world (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/289/5485/1763>)» *Science*. Vol. 289. n.º 5485. pp. 1763–6.
- [25] Boseley, Sarah. «Health hazard (<http://www.guardian.co.uk/climatechange/story/0,12374,1517940,00.html>)», *The Guardian*, June 2005. Consultado el 2008-01-04.
- [26] Reiter, Paul; *et al.* (2004). «Global warming and malaria: a call for accuracy» *The Lancet Infectious Diseases*. Vol. 4. n.º 6. pp. 323–324. DOI 10.1016/S1473-3099(04)01038-2 ([http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)01038-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1473-3099(04)01038-2)).
- [27] «Eradication of Malaria in the United States (1947-1951) (http://www.cdc.gov/malaria/history/eradication_us.htm)». Centers for Disease Control and Prevention (April 23, 2004). Consultado el 2008-07-12.
- [28] PAPUA NEW GUINEA: Climate change challenge to combat malaria (<http://www.irinnews.org/Report.aspx?ReportId=77993>) *UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs*
- [29] "Malaria found in PNG highlands" (<http://www.abc.net.au/ra/news/stories/200804/s2211161.htm?tab=latest>), ABC Radio Australia, April 8, 2008
- [30] UNICEF UK News :: News item :: The tragic consequences of climate change for the world's children :: April 29, 2008 00:00 (http://www.unicef.org.uk/press/news_detail_full_story.asp?news_id=1120)
- [31] Hidden statistics: environmental refugees (<http://www.risingtide.nl/greenpepper/envracism/refugees.html>)
- [32] Hidden statistics: environmental refugees (<http://web.archive.org/web/20050223042051/http://www.risingtide.nl/greenpepper/envracism/refugees.html>) Archived version
- [33] Richards, Michael. «Poverty Reduction, Equity and Climate Change: Global Governance Synergies or Contradictions? (http://www.odi.org.uk/iedg/publications/climate_change_web.pdf)» (PDF). Overseas Development Institute. Consultado el 2007-12-01.
- [34] "National Security and the Threat of Climate Change (<http://securityandclimate.cna.org/report/>)". Military Advisory Board, April 15, 2007.
- [35] Reuters. U.N. Council Hits Impasse Over Debate on Warming (<http://www.nytimes.com/2007/04/18/world/18nations.html?ex=1334548800&en=599119af2640e7b1ei=5088partner=rssnytemc=rss>). The New York Times, April 17, 2007. Retrieved on May 29, 2007.
- [36] Will global warming threaten national security? (<http://www.salon.com/news/feature/2007/04/09/muckraker/>). *Salon*, April 9, 2007. Retrieved on May 29, 2007.
- [37] Kurt M. Campbell, Jay Gullledge, J.R. McNeill, John Podesta, Peter Ogden, Leon Fuerth, R. James Woolsey, Alexander T.J. Lennon, Julianne Smith, Richard Weitz, Derek Mix (Oktober 2007). «The Age of Consequences: The Foreign Policy and National Security Implications of Global Climate Change (http://www.cnas.org/attachments/contentmanagers/1278/CSIS-CNAS_AgeofConsequences_October07.pdf)» (PDF). Consultado el 2007-11-06.
- [38] Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report, Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability". Chapter 6: Coastal Systems and Low Lying Areas. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter6.pdf>
- [39] http://www.ecodes.org/docs/cambio_climatico_y_salud.pdf
- [40] <http://www.epa.gov/climatechange/effects/index.html>
- [41] <http://www.human-global-warming.co.uk/>
- [42] <http://www.nature.org/initiatives/climatechange/issues/>
- [43] <http://www.who.edu/institutes/occi/viewTopic.do?o=read&id=521>

Influencia antropogénica sobre el clima

Se llama **influencia antropogénica** a aquellos efectos producidos por las actividades humanas en el clima de la → Tierra. No sólo se estudian los efectos en épocas presentes como resultado de la industrialización, sino las influencias que pudieron causar → cambios climáticos en el pasado, incluyendo épocas preindustriales a través, sobre todo, de la → deforestación y la reconversión de tierras para sus actividades agrarias y ganaderas.

La pregunta que se plantea en realidad no es si afecta sino cuánto y cómo. Porque la variación natural del clima no ha dejado de actuar porque esté la humanidad medrando en el mundo. El problema es hasta qué punto la contribución del hombre ha podido y puede cambiar el curso natural del clima y la forma en que lo hace actualmente y lo ha hecho en el pasado. A pesar del consenso científico existente,^[1] hay un cierto debate mediático en torno a la posibilidad actual de que el hombre esté influyendo más o menos en el clima de la → Tierra, originado por la creciente politización del debate.^[2] Un ejemplo es el informe de la minoría republicana del Senado de los Estados Unidos en enero de 2009 para la comisión de Medio Ambiente, que elaboró una lista con 650 científicos que disientían del origen antrópico de los cambios de temperatura de la Tierra.^[3]

En primer lugar se explicará la más vieja de las formas que ha tenido el hombre de cambiar su entorno: convertir bosques en campos. Luego se presenta la que surge con la revolución industrial y, finalmente, el más aterrador de los mecanismos, el de la guerra nuclear.

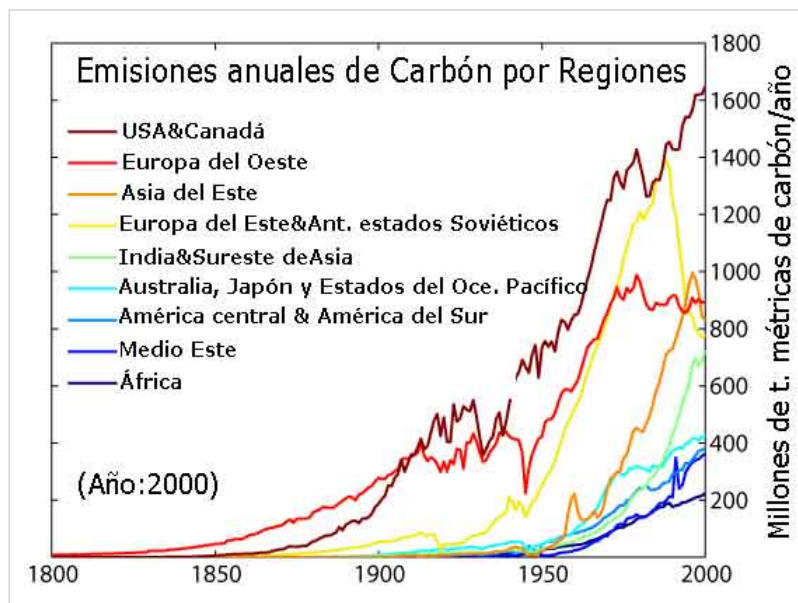
Deforestación

La deforestación y la agricultura son factores clave. Hay evidencias que sugieren que el clima de los países del mediterráneo fue cambiado permanentemente por la deforestación generalizada entre los años 700 AC y 1DC (para construcción naval, edificios y combustible) transformándolo a un clima más cálido y seco.

Por poner algunos ejemplos, se altera la cantidad de agua que entra y sale de una zona concreta; el riego por aspersión modifica el nivel de humedad del ambiente,... La composición de la superficie también es importante ya que ésta determina el albedo de esa superficie (el porcentaje de la radiación que una superficie refleja sobre la que recibe). el Jet Propulsion Laboratory (un instituto tecnológico relacionado con la nasa) publicó en 2007 que la temperatura media de california ha aumentado 2 grados centígrados en los últimos 50 años [4], con un auge mayor en las zonas urbanas. El cambio ha sido atribuido en su mayor parte a la modificación del paisaje por el ser humano.

Emisiones humanas

Según algunos científicos las emisiones humanas se remontan desde las eras preindustriales con la quema de bosques (CO₂) y el incremento de la ganadería (CH₄) [5] [6]. Las emisiones preindustriales son fuente de debate científico y no está clara su contribución real al cambio climático de esas épocas. Lo que sí parece claro es que fuera cual fuera su influencia esta sería infinitamente menor que el efecto de las emisiones actuales. Estas se dividen en dos grupos. Gases invernadero y aerosoles.



Aerosoles antrópicos

Los aerosoles de origen antropogénico, principalmente los sulfatos procedentes de los combustibles fósiles, actúan como refrigerante al reflejar la luz solar desde la atmósfera, originando el llamado efecto del oscurecimiento global

Gases invernadero

Sector del transporte

En promedio por cada kilómetro recorrido y cada pasajero transportado, un avión emite más de 100 gramos de carbono en vuelos cortos y de 30 a 50 gramos en vuelos largos. Un coche europeo emite en promedio 70 gramos de carbono por pasajero y kilómetro, y un tren unos 10 gramos [7].

En los efectos producidos por la aviación hay que añadir la formación de los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el vapor de agua. Los óxidos de nitrógeno dan lugar a la formación de radicales libres, que, combinados con oxígeno y con ayuda de la luz solar, producen ozono. En la troposfera, este proceso origina la formación del "smog" fotoquímico, una neblina contaminante que padecemos todos los habitantes de las grandes y medianas ciudades. El ozono es, además de contaminante, un potente gas de invernadero. En la actualidad, la aviación emite cada año unas 400.000 toneladas de NO_x. El efecto del vapor de agua forma nubes del tipo cirros en la alta troposfera. Aunque es difícil de cuantificar, podría tener un impacto sobre el clima aun mayor que el CO₂ emitido, ya que las nubes reflejan tanto la luz solar que llega a la Tierra como la radiación infrarroja que sale al espacio, y las nubes altas son muy eficaces atrapando el calor que emite la Tierra

En España el sector transporte es el 1º sector en cuanto al gasto energético; consumiendo unas 36.000 ktep al año (un 42 % de la energía final) en el año 2003. los porcentajes correspondientes son el sector aéreo 12.5%, marítimo 4.3%, y terrestre 83% donde el sector ferroviario ocupa un 2.9% [8].

Ganadería

De acuerdo a un informe de 2006 de las Naciones Unidas, el livestock's long shadow, la ganadería es la responsable del 18% de las emisiones de efecto invernadero en el mundo, medido en equivalentes de CO₂. esto incluye el cambio de utilización del suelo, en la habilitación de tierras para pastos o las emisiones directas de los animales.. Aparte de las emisiones de CO₂, la ganadería produce el 65% del óxido nítrico (con un potencial de calentamiento global 296 veces superior al CO₂) y el 37% del metano (de potencial 23 veces mayor que el CO₂)

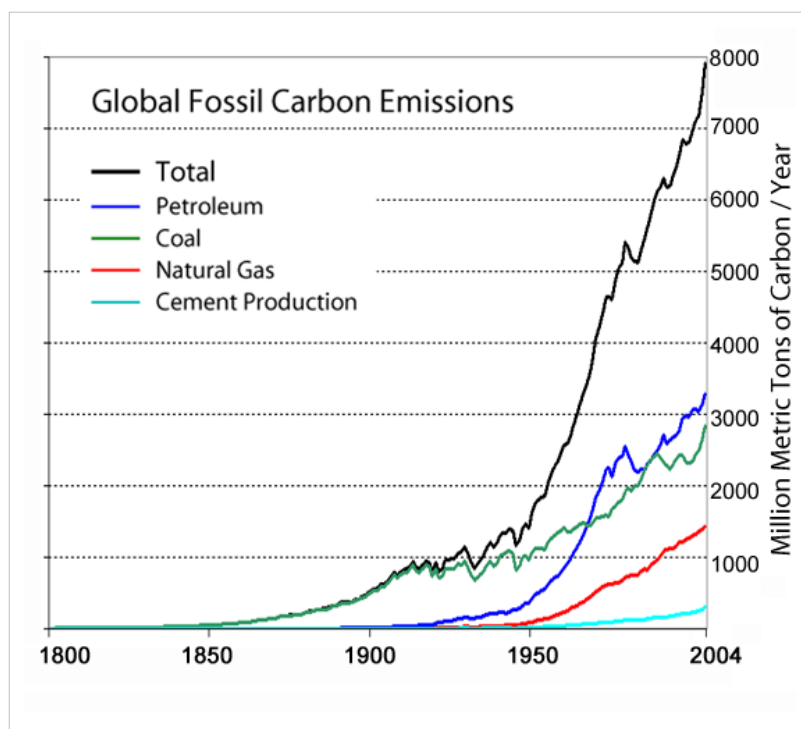
Manufactura del cemento

La industria del cemento contribuye al CO_2 en la reacción química, cuando el carbonato cálcico se transforma en dióxido de carbono y cal; y también al quemar combustibles fósiles para obtener la energía necesaria en la reacción. Esta industria produce el 5% de las emisiones de CO_2 de origen antropogénico siendo el balance de 900kg de CO_2 por cada 1000kg de cemento producido.

Evolución en las emisiones de CO_2

El principal gas de invernadero emitido por el hombre es con diferencia el dióxido de carbono y sus gráficos de emisión nos pueden indicar muy bien el comportamiento del hombre en el consumo de la energía fósil y de su desarrollo industrial.

La revolución industrial supone el punto de partida en las emisiones de gases de invernadero de forma masiva. Aunque esta no se generalizará a todos los continentes hasta bien entrado el siglo XX. Los dos gráficos adjuntos permiten hacerse una idea bastante buena de la evolución que ha seguido el hombre desde el descubrimiento de los combustibles fósiles. La industrialización de la Europa del siglo XIX está íntimamente ligada con el descubrimiento y explotación del carbón. Tal y como puede verse en la gráfica de emisiones por regiones es en la Europa occidental donde empiezan las emisiones. Y estas proceden en casi un 100% de la quema de carbón.



Los EE. UU. se unen al club industrial a finales del XIX pero irán siempre a la zaga de Europa en consumo hasta principios del siglo XX momento en el cual ocurren dos hechos que cambiarán las tornas. Si bien el petróleo se descubre en 1849 su utilización generalizada empieza con el siglo XX que es cuando se descubren en gran número los primeros campos petrolíferos de importancia. Los EEUU encuentran importantes yacimientos en Texas, California y Oklahoma, Canadá también encuentra sus reservas. Por el contrario Europa para utilizar el crudo debe importarlo desde los propios EEUU o desde los recientes yacimientos de Persia y Oriente Medio. Mientras Norteamérica es

exportadora de crudo Europa es importadora. Esta posición de debilidad se ve acrecentada al estallar la Primera Guerra Mundial. En la gráfica de emisiones se puede observar como los EEUU alcanzan rápidamente a Europa durante las primeras dos décadas del siglo veinte. Europa por su parte sufre un bajón en el consumo al finalizar la guerra debido al hundimiento de las potencias perdedoras, Alemania y el Imperio Austrohúngaro. Pero Alemania sobre todo pronto levanta cabeza y la recuperación industrial de la Europa de entreguerras hace que pronto el consumo vuelva a seguir en ascenso. Y esto es así hasta el crack del 29 momento en el cual las economías de los países industrializados se hunden. Los efectos se dejan sentir en gran medida en EEUU donde el consumo se desploma y a pesar de que en Europa ocurre otro tanto la caída es menor lo que permite que el viejo continente alcance al nuevo. Durante esos años turbulentos el bloque del este, con el descubrimiento y explotación de sus

propios pozos, empieza un lento ascenso que no se ve truncado por el crack, entra pues en la partida un tercer jugador, la URSS. Su economía planificada le permitirá ser relativamente inmune a los vaivenes bursátiles y

proseguir su crecimiento a expensas de sus abundantes recursos minerales y fósiles.

En las gráficas se aprecia que tanto Europa occidental como los EEUU remontan al poco tiempo el bajón producido por la crisis. Pero ahora los EEUU tienen tan solo una ligera ventaja en consumo y emisiones sobre la vieja Europa. Esto es así hasta la Segunda Guerra Mundial. En ese momento si bien el carbón sigue siendo la principal fuente de energía el petróleo ya ha cobrado suma importancia estratégica e industrial. La guerra hace resentir el consumo en Europa y en la URSS mientras que en EEUU alejados de las penurias de la guerra este se dispara y la economía se propulsa de nuevo para pasar a ser indiscutiblemente la nación líder en emisiones de CO₂. Posición que ya nunca perderá. Con la derrota de la Alemania Nazi, Europa entra en crisis y sufre un bajón que es rápidamente remontado gracias a la ayuda estadounidense en gran parte (Véase: Plan Marshall). Esto hace que, indirectamente, el consumo en EEUU también se resienta sobre todo por el paso de una economía de guerra a otra de paz.

La segunda mitad del siglo XX supone la generalización mundial de la economía del petróleo. El consumo de carbón experimenta un crecimiento más moderado mientras que se acelera el consumo de petróleo. El responsable de la mayor parte de crecimiento económico durante esas décadas es la libre disponibilidad abundante de petróleo. Entre los nuevos países consumidores destacan China y la India quienes a pesar de su bajo consumo per cápita debido a que tienen un gran peso demográfico hacen que su consumo en términos absolutos sea comparable sino superior al de cualquier país occidental. Este rápido crecimiento se ve fuertemente truncado por la crisis del petróleo de 1973. La sufren especialmente Europa y EEUU; EEUU porque desde hace pocos años ha pasado a ser importador neto pues sus reservas han pasado ya el pico de producción (Ver: Teoría del pico de Hubbert). Puede apreciarse perfectamente el bajón de consumo en la gráfica. Esto permite a la URSS, apenas afectada por disponer de sus propias reservas, rebasar a Europa y alcanzar en consumo a los EEUU. La crisis es tomada muy en serio por los países europeos quienes tomarán medidas políticas, fuertes impuestos en los hidrocarburos, mayor eficiencia energética, etc. Evitarán así incrementar más su dependencia del oro negro. Como se puede apreciar desde la crisis el consumo, y por consiguiente, las emisiones en Europa se estancan mientras que en EEUU pasada la crisis y dominado el tablero de Oriente Medio vuelven a incrementar sus emisiones de la forma habitual. El año 1992 ocurre la Guerra del Golfo suceso que afecta nuevamente al consumo aunque no de forma tan grave como la crisis anterior. El descenso se aprecia tanto en EEUU como en Europa pero es más marcado en la curva de emisiones de Oriente Medio, los primeros afectados por la escasez. Estas fechas coinciden con otro suceso, el desmoronamiento de la Unión Soviética que se puede apreciar como una caída completa de sus emisiones que ha continuado hasta la actualidad. Los primeros años del Siglo XXI han sido los del gran crecimiento de la India y, especialmente de China quien por entonces supera las emisiones de Europa. Estos países aun dependen mucho del carbón pero cada vez consumen más petróleo. Las previsiones actuales son que entorno al 2010 se alcanzará el pico de producción de crudo y dado que la demanda de consumo seguirá creciendo ocurrirá por fuerza una crisis de escasez real.

Las reducciones de la intensidad energética en los vehículos ligeros, que ofrecerían períodos de amortización a los usuarios de tres a cuatro años mediante el ahorro de combustible, pueden disminuir las emisiones específicas entre un 10% y 25% para el año 2020. Además, si se utiliza diesel, gas natural o propano en lugar de gasolina, técnicamente se pueden reducir las emisiones entre un 10% y 30%, que alcanzarían el 80% si los combustibles proceden de fuentes renovables. Así mismo, el control de las fugas de refrigerante puede añadir otro 10% de reducción. La aplicación de medidas fiscales sobre los combustibles, principalmente en países con bajos precios, podría reducir las emisiones del transporte por carretera en un 25%; aunque esta medida tendría implicaciones económicas indirectas en otros sectores.

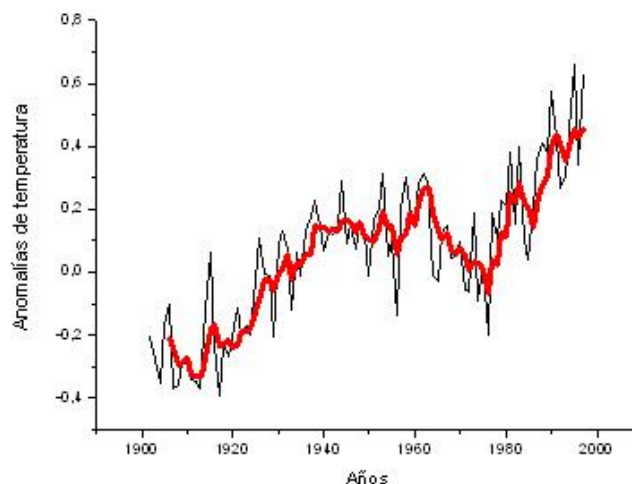
Véase también: Efecto invernadero (clima), Calentamiento global, Oscurecimiento global y Contaminación

Detonaciones nucleares atmosféricas

Véase también: Efectos de las armas nucleares

La teoría del invierno nuclear

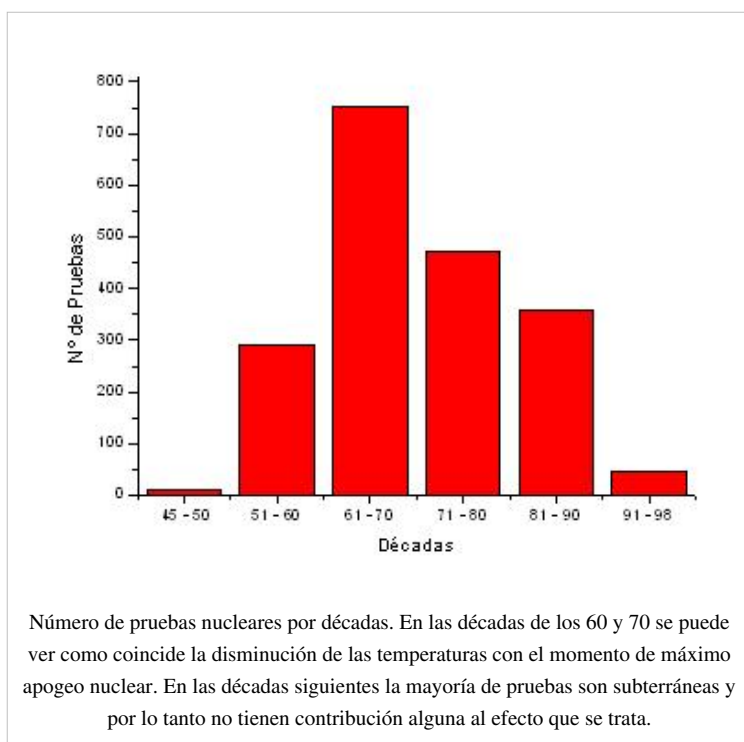
Durante la segunda mitad del siglo XX creció la idea de que un intercambio nuclear completo entre ambas potencias (EE. UU. y la URSS) podría causar no solo la devastación de ambas naciones sino también un → cambio climático global hacia una edad más fría, el invierno nuclear. Ello vendría producido por la abundante cantidad de cenizas emitidas por las ciudades calcinadas que detendrían los rayos solares como un manto oscuro. Si bien no se produjo el tan temido holocausto nuclear sí parece ser que hubo ciertos efectos ocultos producidos por el hombre y sus ingenios nucleares.



Anomalías térmicas durante el siglo XX. Sobre las variaciones anuales se ha ajustado una media móvil de 5 años. Se observa como durante los 60 y 70 se produce no solo un frenazo en el calentamiento sino que de hecho las temperaturas empiezan a descender.

El enfriamiento de las décadas de 1960 y de 1970

Se sabe que las décadas de los 60 y los 70 fueron a escala global algo más frías, y el debate sobre cual fue la causa está aun activo. Si bien se acepta que no habría una sola causa sino que quizá sean varias. Por aquellos años dos científicos rusos, Kondratyiev y Nikolsky plantearon la hipótesis de que las pruebas nucleares atmosféricas estaban afectando de algún modo al clima en la Tierra. Se observó que la bola de fuego de una bomba nuclear era capaz de calentar el aire lo suficiente como para hacer que nitrógeno y oxígeno reaccionasen y formaran óxidos de nitrógeno en la alta atmósfera, más concretamente en la estratosfera. Si bien las primeras bombas atómicas de apenas 20 kton no eran capaces de alcanzar dichas cotas los nuevos artefactos termonucleares surgidos en los años 50 sí podían hacerlo.



Se calcula que por cada megatón de energía desarrollada la bola de fuego asciende entre 35 y 40 km y se producen unas 3.000 ton de óxidos de nitrógeno (NO_x). Si se tiene en cuenta que la troposfera llega hasta los 10 km de altitud queda claro que cualquier bomba de hidrógeno es capaz de contaminar la estratosfera. La bola de fuego generaba NO_x , éste era depositado en las capas altas. Su vida media es de unos cuatro años. Los dos años anteriores a 1963, año en que entró en vigor el tratado de prohibición de pruebas atmosféricas, espaciales y submarinas, se detonó el equivalente a 340MT lo que suponía un total de millón y medio de ton de NO_x suspendidos entre 20 y 50 km de altura. A esa cantidad había que sumar la de las pruebas anteriores que aun perduraba en la atmósfera lo que, en total, suponía que en

1963 había en la estratosfera el equivalente a 980 MT detonados. No parece coincidencia pues que las anomalías negativas de 1963, 1964 y 1965 fueran de las más acusadas de la segunda mitad del siglo. No obstante, ese mismo año, en Bali, tuvo lugar la erupción del monte Agung, pero parece ser que dichos efectos solo podrían explicar la mitad del enfriamiento producido durante esos años. La otra mitad vendría causada por las pruebas nucleares. Básicamente se podría resumir en que durante esas décadas el oscurecimiento global causado por las emisiones de aerosoles y gases reflectantes dominó sobre el → calentamiento global causado por las emisiones de gases de invernadero.

También hay estudios que han explicado dicho enfriamiento por las variaciones del viento solar si bien tampoco se ha podido probar que sea ésta la causa y, ni siquiera, la contribución principal del enfriamiento de esos años.

Véase también

- Calentamiento global
- Contaminación
- Ecologismo
- Efecto invernadero
- Energía renovable
- Gases de efecto invernadero
- Informe Stern

Enlaces externos

- Earth Interactions (Global Temperature Patterns in Past Centuries) - Michael E. Mann et al. (1999) ^[9]
- El Clima Futuro - John Gribbin (1982)
- Atomic Archive - Nuclear test sites (1945 - 1998) ^[10]

Jet Propulsion Laboratory [4] Asociación Ecologista de Defensa de la Naturaleza (AEDENAT) [7] transporte, energía y cambio climático [8]

- Cambioclimate.org - Amplía información sobre el tema ^[59]

Referencias

- [1] Oreskes, Naomi (3 de diciembre de 2004). «Beyond the Ivory Tower. The Scientific Consensus on Climate Change (<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/306/5702/1686>)» (en inglés). *Science*. Vol. 306. n.º 5702. pp. 1686. AAAS. ISSN 1095-9203 (<http://www.worldcat.org/issn/1095-9203>). DOI 10.1126/science.1103618 (<http://dx.doi.org/10.1126/science.1103618>). Consultado el 6 de julio de 2009.
- [2] Boykoff, Maxwell T.; Jules M. Boykoff (noviembre 2007). «Climate change and journalistic norms: A case-study of US mass-media coverage (<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718507000188>)» (en inglés). *Geoforum*. Vol. 38. n.º 6. pp. 1190-1204. Elsevier. ISSN 0016-7185 (<http://www.worldcat.org/issn/0016-7185>). DOI doi:10.1016/j.geoforum.2007.01.008 (<http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.geoforum.2007.01.008>). Consultado el 6 de julio de 2009.
- [3] More Than 650 International Scientists Dissent Over Man-Made Global Warming Claims (http://epw.senate.gov/public/index.cfm?FuseAction=Minority.Blogs&ContentRecord_id=2674e64f-802a-23ad-490b-bd9faf4dcdb7)
- [4] <http://climate.jpl.nasa.gov/news/index.cfm?FuseAction=ShowNews&NewsID=24>
- [5] http://www.investigacionyciencia.es/solo_articulo.asp?indice=0
- [6] <http://scientificamerican.com/article.cfm?chanID=sa006&colID=1&articleID=000ED75C-D366-1212-8F3983414B7F0000>
- [7] http://www.eltercertiempo.com.ar/ecologia/ecologia_0010.htm
- [8] http://www.crana.org/archivos/movilidad/jornadas_y_seminarios/24_10_2006/TransporteEnerg%C3%ADaDaCambioClim%C3%A1tico.pdf
- [9] http://wdc.cricyt.edu.ar/paleo/ei/ei_cover.html
- [10] <http://www.atomicarchive.com/Almanac/Testsite.shtml>

Efecto invernadero



Uno o varios wikipedistas están trabajando actualmente en extender este artículo o sección.

Es posible que, a causa de ello, haya lagunas de contenido o deficiencias de formato. Es posible ayudar y editar pero, por favor, antes de realizar correcciones mayores, contacta con ellos en su página de usuario para poder coordinar la redacción.

Se denomina **efecto invernadero** al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera, retienen la energía que el suelo terrestre emite y una parte de la misma la reemiten a la superficie de la Tierra. Este fenómeno evita que gran parte de la energía emitida por la Tierra se transmita directamente al espacio, lo que provocaría un continuo enfriamiento de la superficie terrestre e impediría la vida.

El efecto invernadero se está viendo acentuado por la emisión de ciertos gases debidos a la actividad humana, como el dióxido de carbono y el $\rightarrow$ metano, que está produciendo un calentamiento en la $\rightarrow$ Tierra. Hay un consenso prácticamente unánime en la comunidad científica sobre que este calentamiento se está produciendo por esta causa.

Este efecto tiene cierta similitud al calentamiento que se produce en un invernadero, aunque el proceso es diferente.

Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera.

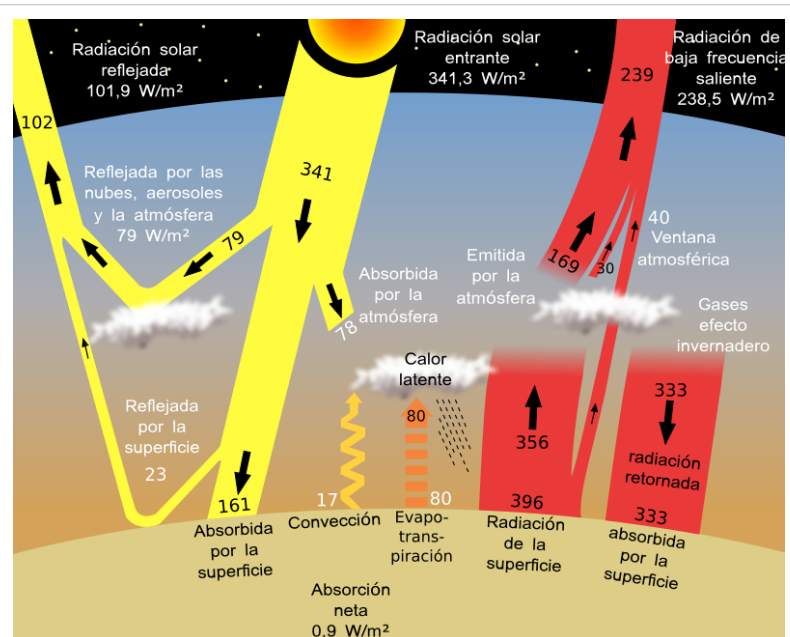
Balance energético de la Tierra

La atmósfera es clave en el mantenimiento del equilibrio entre la recepción de la radiación solar y la emisión de radiación infrarroja. La atmósfera devuelve al espacio la misma energía que recibe del Sol. Esta acción de equilibrio se llama balance energético de la Tierra y permite mantener la temperatura en un estrecho margen que posibilita la vida.^[1]

En un periodo de tiempo suficientemente largo el sistema climático debe estar en equilibrio, la radiación solar entrante en la atmósfera está compensada por la radiación saliente. Pues si la radiación entrante fuese mayor que la radiación saliente se produciría un calentamiento y lo contrario produciría un enfriamiento.^[2] Por tanto, en equilibrio, la cantidad de radiación solar entrante en la atmósfera debe ser igual a la radiación solar reflejada saliente más la radiación

infrarroja térmica saliente. Toda alteración de este balance de radiación, ya sea por causas naturales u originado por el hombre (antropógeno), es un forzamiento radiativo y supone un cambio de clima y del tiempo asociado.^[3]

Los flujos de energía entrante y saliente se juntan en el sistema climático ocasionando muchos fenómenos tanto en la atmósfera, como en el océano o en la tierra. Así la radiación entrante solar se puede dispersar en la atmósfera o ser



Balance anual de energía de la Tierra desarrollado por Trenberth, Fasullo y Kiehl de la NCAR en 2008. Se basa en datos del periodo Marzo 2000 - Mayo 2004 y es una actualización de su trabajo publicado en 1997. La superficie de la Tierra recibe del Sol 161 W/m^2 y del Efecto Invernadero de la Atmósfera 333 W/m^2 , en total 494 W/m^2 , como la superficie de la Tierra emite un total de 493 W/m^2 (17+80+396), supone una absorción neta de calor de 0,9 W/m^2 , que en el tiempo actual está provocando el calentamiento de la Tierra.

reflejada por las nubes y los aerosoles. La superficie terrestre puede reflejar o absorber la energía solar que le llega. La energía solar de onda corta se transforma en la Tierra en calor. Esa energía no se disipa, se encuentra como calor sensible o calor latente, se puede almacenar durante algún tiempo, transportarse en varias formas, dando lugar a una gran variedad de tiempo y a fenómenos turbulentos en la atmósfera o en el océano. Finalmente vuelve a ser emitida a la atmósfera como energía radiante de onda larga.^[2] Un proceso importante del balance de calor es el efecto albedo, por el que algunos objetos reflejan más energía solar que otros. Los objetos de colores claros, como las nubes o las superficies nevadas, reflejan más energía, mientras que los objetos oscuros, como los océanos y los bosques, absorben más energía solar que la que reflejan. Otro ejemplo de estos procesos es la energía solar que actúa en los océanos, la mayor parte se consume en la evaporación del agua de mar, luego esta energía es liberada en la atmósfera cuando el vapor de agua se condensa en lluvia.^[1]

La imagen adjunta resume el *Balance Global anual de energía de la Tierra* desarrollado en 2008 por Trenberth, Fasullo y Kiehl del NCAR (National Center for Atmospheric Research). Se basa en mediciones del *Sistema de Energía Radiante de la Tierra y de las Nubes* de la Agencia NASA tomadas por satélite entre marzo de 2000 y mayo de 2004.^[4]

La Tierra, como todo cuerpo caliente, superior al cero absoluto, emite radiación térmica, pero al ser su temperatura mucho menor que la solar, emite radiación infrarroja por ser un cuerpo negro. La radiación emitida depende de la temperatura del cuerpo. En el estudio del NCAR han concluido una oscilación anual media entre 15.9°C en Julio y 12.2°C en Enero compensando los dos hemisferios, que se encuentran en estaciones distintas y la parte terrestre que es de día con la que es de noche. Esta oscilación de temperatura supone una radiación media anual emitida por la Tierra de 396 W/m².^[5]

La energía infrarroja emitida por la Tierra es atrapada en su mayor parte en la atmósfera y reenviada de nuevo a la Tierra. Este fenómeno se llama Efecto Invernadero y garantiza las temperaturas templadas del planeta.^[6] Según el estudio anterior de la NCAR, el Efecto Invernadero de la atmósfera hace retornar nuevamente a la Tierra 333 W/m².^[7]

Globalmente la superficie de la Tierra absorbe energía solar por valor de 161 w/m² y del Efecto Invernadero de la Atmósfera recibe 333 w/m², lo que suma 494 w/m², como la superficie de la Tierra emite (o dicho de otra manera pierde) un total de 493 w/m² (que se desglosan en 17 w/m² de calor sensible, 80 w/m² de calor latente de la evaporación del agua y 396 w/m² de energía infrarroja), supone una absorción neta de calor de 0,9 w/m², que en el tiempo actual está provocando el calentamiento de la Tierra.^[7]

Efecto Invernadero de varios gases de la Atmósfera

Se llama Efecto Invernadero al proceso por el que ciertos gases de la atmósfera retienen gran parte de la radiación infrarroja emitida por la Tierra y la reemiten de nuevo a la superficie terrestre calentando la misma. Estos gases han estado presentes en la atmósfera en cantidades muy reducidas durante la mayor parte de la historia de la Tierra.^[8]

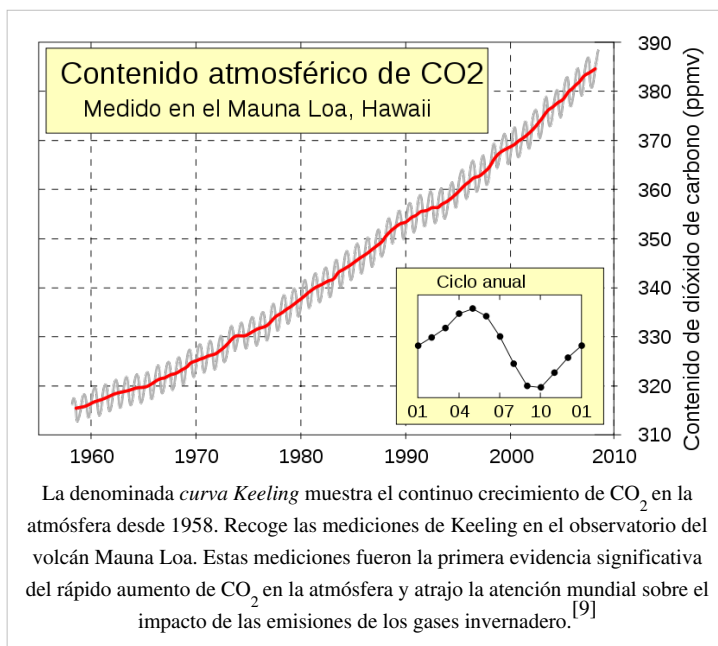
Aunque la → atmósfera seca está compuesta prácticamente por nitrógeno (78,1%), oxígeno (20,9%) y argón (0,93%), son gases muy minoritarios en su composición como el dióxido de carbono (0,035%), el ozono y otros los que desarrollan esta actividad radiativa. Además, la atmósfera contiene vapor de agua (1%) que también es un gas radiativamente activo, siendo con diferencia el gas natural invernadero más importante. El dióxido de carbono ocupa el segundo lugar en importancia.^[3]

El efecto invernadero es esencial para la vida del planeta: sin CO_2 ni vapor de agua (sin el efecto invernadero) la temperatura media de la Tierra sería unos 33°C menos, del orden de 18°C bajo cero, lo que haría inviable la vida.^[10] Actualmente el CO_2 presente en la atmósfera está creciendo de modo no natural por las actividades humanas, principalmente por la quema de combustibles fósiles y la destrucción de la selva pluvial. Por tanto es preciso diferenciar entre el efecto invernadero natural del originado por las actividades de los hombres (o antropogénico).^[8]

La población se ha multiplicado y la tecnología ha alcanzado una enorme y sofisticada producción de forma que se está presionando muchas partes del medio ambiente terrestre siendo la Atmósfera la zona más vulnerable de todas por su delgadez. Dado el reducido espesor atmosférico la alteración de algunos componentes moleculares básicos que también se encuentran en pequeña proporción supone un cambio significativo. En concreto, la variación de la concentración de CO_2 , el más importante de los gases invernadero de la Atmósfera. Ya se ha explicado el papel básico que estos gases tienen como reguladores de la temperatura del Planeta.^[11]

Los gases invernadero permanecen activos en la atmósfera mucho tiempo, por eso se les denomina de larga permanencia. Eso significa que los gases que se emiten hoy permanecerán durante muchas generaciones produciendo el efecto invernadero. Así del CO_2 emitido a la atmósfera: sobre el 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años.^[12]

La concentración de CO_2 atmosférico se ha incrementado desde la época preindustrial (año 1.750) desde un valor de 280 ppm a 379 ppm en 2005. Se estima que 2/3 de las emisiones procedían de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) mientras un 1/3 procede del cambio en la utilización del suelo (Incluida la deforestación). Del total emitido solo el 45% permanece en la atmósfera, sobre el 30% es absorbido por los océanos y el restante 25% pasa a la → biosfera terrestre. Por tanto no solo la atmósfera está aumentando su concentración de CO_2 , también está ocurriendo en los océanos y en la biosfera.^[12]



Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los denominados gases de efecto invernadero o gases invernadero, responsables del efecto descrito, son:

- Vapor de agua (H_2O).
- Dióxido de carbono (CO_2).
- → Metano (CH_4).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x).
- Ozono (O_3).
- Clorofluorocarbonos ($CFCI_3$).

Si bien todos ellos (salvo los CFCs) son naturales, en tanto que ya existían en la atmósfera antes de la aparición del hombre, desde la Revolución industrial y debido principalmente al uso intensivo de los → combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte, se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera, con el agravante de que otras actividades humanas, como la deforestación, han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el dióxido de carbono, principal responsable del efecto invernadero.

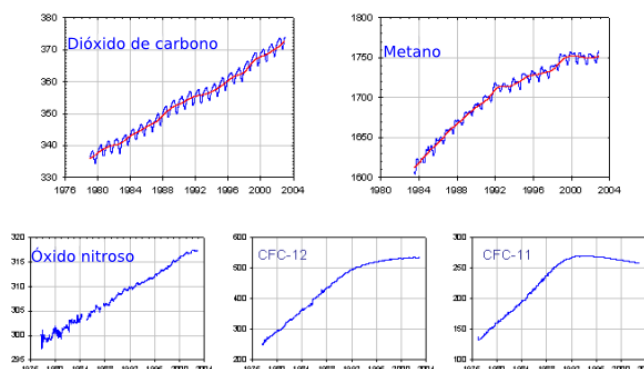
Emisiones antropogénicas de GEI de larga permanencia

Las actividades humanas generan emisiones de cuatro GEI de larga permanencia: CO_2 , metano (CH_4), óxido nítrico (N_2O) y halocarbonos (gases que contienen flúor, cloro o bromo).

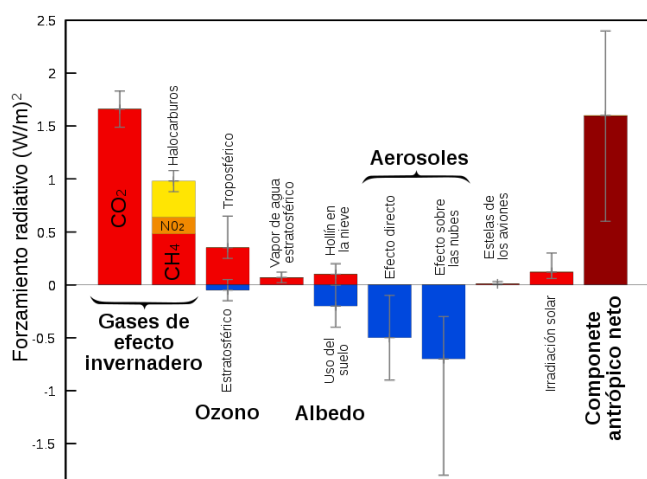
Cada GEI tiene una influencia térmica (forzamiento radiativo) distinta sobre el sistema climático mundial por sus diferentes propiedades radiativas y períodos de permanencia en la atmósfera. Tales influencias se homogenizan en una métrica común tomando como base el forzamiento radiativo por CO_2 (emisiones de CO_2 -equivalente). Homogenizados todos los valores, el CO_2 es con mucha diferencia el gas invernadero antropógeno de larga permanencia más importante, representando en 2004 el 77% de las emisiones totales de GEI antropógenos. Pero el problema no solo es la magnitud sino también las tasas de crecimiento. Entre 1970 y 2004, las emisiones anuales de CO_2 aumentaron un 80%. Además en los últimos años el incremento anual se ha disparado: en el reciente periodo 1995-2004, la tasa de crecimiento de las emisiones de CO_2 -eq fue de (0,92 Gt CO_2 -eq anuales), más del doble del periodo anterior 1970-1994 (0,43 Gt CO_2 -eq anuales).^[13]

Ya se ha señalado que la concentración de CO_2 en la atmósfera ha pasado de un valor de 280 ppm en la época preindustrial a 379 ppm en 2005. El CH_4 en la atmósfera ha cambiado de los 715 ppmm en 1750 (periodo preindustrial) hasta 1732 ppmm en 1990, alcanzando en 2005 las 1774 ppmm. La concentración mundial de N_2O en la atmósfera pasó de 270 ppmm en 1750 a 319 ppmm en 2005. Los halocarbonos prácticamente no existían en la

Tendencia mundial de los gases de efecto invernadero más importantes hasta el 1/2003



Incrementos en la atmósfera de los cinco gases responsables del 97% del efecto invernadero antropogénico en el periodo 1976-2003.



época preindustrial y las concentraciones actuales se deben a la actividad humana.^[14]

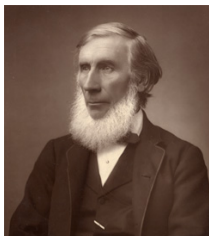
Según el Informe Stern que estudió el impacto del → cambio climático y el → calentamiento global en la economía mundial, encargado por el gobierno británico y publicado en 2006, la distribución total mundial de las emisiones de GEI por sectores es: un 24% se debe a la generación de electricidad, un 14% a la industria, un 14% al transporte, un 8% a los edificios y un 5% más a actividades relacionadas con la energía. Todo ello supone unas 2/3 partes del total y corresponde a las emisiones motivadas por el uso de la energía. Aproximadamente el 1/3 restante se distribuye de la siguiente forma: un 18% por el uso del suelo (incluye la deforestación), un 14% por la agricultura y un 3% por los residuos.^[15]

Entre 1970 y 2004, las mejoras tecnológicas han frenado las emisiones de CO₂ por unidad de energía suministrada. Sin embargo el crecimiento mundial de los ingresos (77%) y el crecimiento mundial de la población (69%), han originado nuevas formas de consumo y un incremento de consumidores de energía. Esta es la causa del aumento de las emisiones de CO₂ en el sector de la energía.^[13]

También el Informe Stern señala que desde el año 1.850, Estados Unidos y Europa han generado el 70% de las emisiones totales de CO₂.^[15]

Emisiones CO2 en el mundo procedentes de combustibles fósiles (1990-2007)						
Descripción	1990	1995	2000	2005	2007	% Cambio 90-07
CO2 en millones de toneladas	20.980	21.810	23.497	27.147	28.962	38,0%
Población mundial en millones	5.259	5.675	6.072	6.382	6.535	25,7%
CO2 por cápita en toneladas	3,99	3,84	3,87	4,20	4,38	9,8%
Fuente: Agencia Internacional de la Energía ^[16]						

Historia del conocimiento científico del Efecto Invernadero



John Tyndall descubrió que el CO₂, el metano y el vapor de agua bloquean la radiación infrarroja(1859).



Arrhenius calculó que duplicar el CO₂ de la atmósfera subiría la temperatura 5-6°C(1896).

Fue alrededor de 1975-1980 cuando los científicos comenzaron a tener suficientes evidencias del efecto que los GEI estaban ocasionando al clima. Disponían de herramientas, conocimientos y técnicas suficientes para iniciar el estudio en profundidad del complejo sistema climático: satélites para observar la Tierra, redes mundiales de toma de temperaturas, vientos, precipitaciones y corrientes, así como ordenadores de gran potencia para desarrollar modelos climáticos. Entonces los científicos vislumbraron un posible cambio climático de dramáticas consecuencias. La opinión pública comenzó a conocer el problema alertada por los grupos ecologistas, los gobiernos se plantearon el

problema e iniciaron acuerdos internacionales empujados por los resultados cada vez más inquietantes que los científicos iban desarrollando.^[17]

El desarrollo del conocimiento de los GEI y del cambio climático ha seguido un largo camino de evolución científica que se resume a continuación:^[17]

- En 1854 Joseph Fourier consideró que la Tierra se mantenía templada porque la atmósfera retiene el calor como si estuviera bajo un cristal. El fue el primero en emplear la analogía del invernadero.
- En 1859 John Tyndall descubrió que el CO₂, el metano y el vapor de agua bloquean la radiación infrarroja.
- Svante Arrhenius, Premio Nobel de Química, en 1896 calculó como el CO₂ intercepta en la atmósfera la radiación infrarroja y concluyó que la duplicación de la cantidad de este gas en la atmósfera subiría la temperatura media del planeta entre 5-6°C. También determinó que en un planeta más caliente habría mayor evaporación del agua del oceano que incrementaría la concentración de vapor de agua en la atmósfera que a su vez bloquearía más energía infrarroja aumentando el efecto invernadero. Por contra también vió que habría más nubes y que por el efecto albedo reflejarían más rayos solares lo que enfriaría el planeta. Estas retroalimentaciones, aún hoy con las potentes herramientas de procesamiento, son difíciles de manejar.
- Guy Stewart identificó en 1938 que el incremento del 10% del CO₂ en la atmósfera, observado desde 1890 a 1938 (años de revolución industrial basada en la combustión del carbón) podría estar relacionado con la tendencia al calentamiento observado en el mismo período.
- En 1858 Charles Keeling empezó a medir de forma precisa las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. Gracias a los nuevos instrumentos de medida en solo dos años tomó suficientes medidas que mostraban el aumento continuado del CO₂ en el aire. En 1960 presentó la *curva Keeling*.
- El primer modelo estadístico de evolución del clima fue desarrollado en 1970 por Klauss Hasselmann del Instituto Max Planck.

Calentamiento actual y cambio climático producido por los GEI

El cambio climático está sucediendo y los humanos contribuimos diariamente a incrementarlo. En los 100 años últimos la temperatura media global del planeta ha aumentado 0,7 ° C, siendo desde 1975 el incremento de temperatura por década de unos 0,15 ° C . En lo que resta de siglo, según el IPCC, la temperatura media mundial aumentará en 2-3 ° C . Este aumento de temperatura supondrá para el planeta el mayor cambio climático en los últimos 10.000 años y será difícil para las personas y los ecosistemas adaptarse a este cambio brusco.^[18]

En los 400.000 años anteriores, según conocemos por los registros de núcleos de hielo, los cambios de temperatura se produjeron principalmente por cambios de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. En el tiempo actual, los cambios de temperatura se están originando por los cambios en el dióxido de carbono de la atmósfera. En los últimos 100 años, las concentraciones atmosféricas de CO₂ han aumentado en un 30% debido a la combustión antropogénica de los combustibles fósiles. El aumento constante del CO₂ atmosférico ha sido el responsable de la mayor parte del calentamiento. Este calentamiento no puede ser explicado por causas naturales: las mediciones de los satélites no muestran variaciones de entidad en la energía procedente del Sol en los últimos 30 años; las tres grandes erupciones volcánicas producidas en 1963, 1982 y 1991 han generado aerosoles que reflejaban la energía solar, lo cual produjo cortos periodos de enfriamiento.^[18]

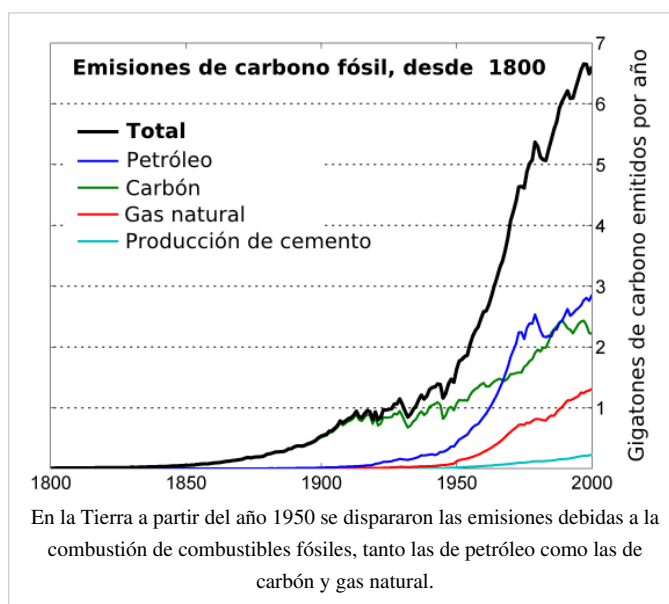
El futuro calentamiento global: consecuencias, adaptación y mitigación

El calentamiento atmosférico actual es inevitable, estando producido por las emisiones de gases invernadero pasadas y actuales. 150 años de industrialización y de emisiones han modificado el clima y continuará repercutiendo en el mismo durante varios cientos de años, aun en la hipótesis de que se redujeran las emisiones de gases de efecto invernadero y se estabilizara su concentración en la atmósfera.^[19] El IPCC en su informe de 2007 manifiesta: *Hay un alto nivel de coincidencia y abundante evidencia respecto a que con las políticas actuales de mitigación de los efectos del cambio climático y con las prácticas de desarrollo sostenible que aquellas conllevan, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando en los próximos decenios.*^[20] Una de las

estimaciones de futuro de la Agencia Internacional de la Energía en un informe de 2.009 pasa de 4 t de emisión de CO₂ por persona en 1990, a 4,5 t en 2.020 y a 4,9 t en 2.030. Esto significaría que el CO₂ emitido y acumulado desde 1890, pasaría de 778 Gt en 1990, a 1.608 Gt en 2.020 y a 1.984 Gt en 2.030.^[21]

Las consecuencias del cambio climático provocado por las emisiones de GEI se estudian en modelos de proyecciones realizados por varios institutos meteorológicos. Algunas de las consecuencias recopiladas por el IPCC son las siguientes:^[22]

- En los próximos veinte años las proyecciones señalan un calentamiento de 0,2°C por decenio.
- Las proyecciones muestran la contracción de la superficie de hielos y de nieve. En algunas proyecciones los hielos de la región ártica prácticamente desaparecerán a finales del presente siglo. Esta contracción del manto de hielo producirá un aumento del nivel del mar de hasta 4-6 m.
- Habrá impactos en los ecosistemas de tundra, bosques boreales y regiones montañosas por su sensibilidad al incremento de temperatura; en los ecosistemas de tipo Mediterráneo por la disminución de lluvias; en aquellos bosques pluviales tropicales donde se reduzca la precipitación; en los ecosistemas costeros como manglares y marismas por diversos factores.
- Disminuirán los recursos hídricos de regiones secas de latitudes medias y en los trópicos secos debido a las menores precipitaciones de lluvia y la disminución de la evapotranspiración, y también en áreas surtidas por la nieve y el deshielo.
- Se verá afectada la agricultura en latitudes medias, debido a la disminución de agua.
- La emisión de carbono antropógeno desde 1750 está acidificando el océano, cuyo pH ha disminuido 0,1. Las proyecciones estiman una reducción del pH del océano entre 0,14 y 0,35 en este siglo. Esta acidificación progresiva de los océanos tendrá efectos negativos sobre los organismos marinos que producen caparazón.



Cooperación internacional sobre las emisiones de GEI

Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático

El *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, conocido también por *Panel Intergubernamental del Cambio Climático* o más resumidamente por las siglas *IPCC* (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), fue establecido en el año 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (WMO, *World Meteorological Organization*) y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP, *United Nations Environment Programme*).

El *IPCC* asesora a los gobiernos sobre los problemas climáticos y recopila las investigaciones científicas conocidas en unos informes periódicos de evaluación.^[23] Estos informes de evaluación constan de varios volúmenes, y proporcionan todo tipo de información científica, técnica y socio-económica sobre el cambio climático, sus causas, sus posibles efectos, y las medidas de respuesta correspondientes.

El *Primer informe de evaluación* del IPCC se publicó en 1990, y confirmó los elementos científicos que suscitaba preocupación acerca del cambio climático. A raíz de ello, la Asamblea General de las Naciones Unidas decidió preparar la *Convención Marco sobre el Cambio Climático*.

Posteriormente el IPCC ha producido otros tres informes de evaluación en 1.995, 2.001 y 2.007. El cuarto, denominado *Cambio climático 2.007*, reúne los últimos conocimientos de una amplia comunidad científica siendo realizado por más de 500 autores principales, 2.000 revisores expertos y examinado por delegados de más de 100 países. Se incluyen algunas de las principales conclusiones de este informe:

- 1.-El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar.
- 2.-Observaciones efectuadas en todos los continentes y en la mayoría de los océanos evidencian que numerosos sistemas naturales están siendo afectados por cambios del clima regional, particularmente por un aumento de la temperatura.
- 3.-Las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004.
- 4.-Las concentraciones atmosféricas mundiales de CO₂, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) han aumentado notablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750, y son actualmente muy superiores a los valores preindustriales, determinados a partir de núcleos de hielo que abarcan muchos milenios.
- 5.-Hay un alto nivel de coincidencia y abundante evidencia respecto a que con las políticas actuales de mitigación de los efectos del cambio climático y con las prácticas de desarrollo sostenible que aquellas conllevan, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando en los próximos decenios.

IPCC: Cambio climático 2007 - Informe de síntesis

Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

El tratado internacional *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* se firmó en 1992 y los países firmantes debían comenzar a considerar como reducir las emisiones de GEI y el calentamiento atmosférico.^[23] Los países firmantes acordaron el siguiente objetivo:

El objetivo último de la presente Convención... es lograr... la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: Artículo 2^[24]

En la Convención se solicitó a los países el establecimiento de inventarios precisos y periódicamente actualizados de las emisiones de gases de efecto invernadero. La Convención reconocía que lo elaborado solo era un *documento marco*, es decir, un texto que debía perfeccionarse y desarrollarse en el futuro orientando eficazmente los esfuerzos frente al calentamiento atmosférico. En este sentido la primera adición al tratado fue el Protocolo de Kyoto que se aprobó en 1997.^[23]

Protocolo de Kioto

Mayores emisores de CO2 procedente de combustibles fósiles				
País	CO2 en millones de toneladas		% de cambio 90-07	CO2 per cápita en 2007
	1990	2007		
Países comprometidos en Kioto (AnexoI)				
Federación de Rusia	2.180	1.587	-27,2	11,2
Japón	1.065	1.236	+16,1	9,7
Alemania	950	798	-16,0	9,7
Canadá	432	573	+32,5	17,4
Reino Unido	553	523	-5,4	8,6
Francia	352	369	+4,9	5,8
Italia	398	438	+10,0	7,4
Australia	260	396	+52,5	18,8
Ucrania	688	314	-54,5	6,8
España	206	345	+67,5	7,7
Polonia	344	305	-11,4	8,0
Países sin compromiso en Kioto				
China	2.244	6.071	+170,6	4,6
Estados Unidos	4.863	5.769	+18,6	19,1
India	589	1.324	+124,7	1,2
Corea del Sur	229	489	+113,1	10,1
Irán	175	466	+165,8	6,6
México	293	438	+49,5	4,1
Indonesia	140	377	169,0	1,7
Arabia Saudita	161	358	+121,7	14,8
Brasil	193	347	+79,8	1,8
Sudáfrica	255	346	+35,8	7,3
Fuente: Agencia Internacional de la Energía ^[16]				

El Protocolo de Kyoto de 1997 fue una extensión de la Convención. Los países industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. El objetivo es un recorte conjunto de las emisiones de gases de efecto invernadero de al menos el 5% con respecto a los niveles de 1990 en el periodo de compromiso de 2008-2012. Las negociaciones fueron arduas y en 1997 se terminó un proceso que se había iniciado dos años y medio antes. El compromiso de reducción de emisiones lo adoptaron solo los países incluidos en el anexo I del protocolo, debiendo

así mismo cada país ratificarlo para que el compromiso fuese vinculante.^[24]

Las emisiones que se acordaron limitar son las de los siguientes Gases Invernadero: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆).^[25]

Para que el Protocolo entrase en vigor debía ser ratificado por países incluidos en el anexo I que representaran al menos el 55% del total de emisiones de 1990 incluidas en el mencionado anexo. Con la ratificación de Rusia en 2004 se llegó al 55% y el Protocolo de Kyoto entró en vigor.^[25]

Actualmente lo han firmado 184 partes, 183 países y la Unión Europea, y todos lo han ratificado salvo dos: Estados Unidos y Kazajistán.^[26]

Emisiones de CO ₂ en el mundo procedentes de combustibles fósiles (en millones toneladas)			
Descripción	1990	2007	% Cambio 90-07
Total Países comprometidos en Kioto (Anexo I)	8.792	8.162	-7,2%
Total Países sin compromiso en Kioto	11.578	17.778	70,8%
Marina	357	610	71,1%
Aviación	254	412	62,3%
Total mundial	20.980	28.962	38,0%
Fuente: Agencia Internacional de la Energía ^[16]			

Países industrializados: acuerdo de limitación de emisiones GEI

Los países que engloban el anexo I son los países industrializados que pertenecen a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) más algunos países con economías en transición, como la Federación de Rusia, países Bálticos y varios países de Europa central y oriental.

Cada país adquirirá un compromiso individual de reducción de emisiones (-x%) o se puso un límite superior (+x%) con respecto a las emisiones que tenía en 1990. Los compromisos adquiridos son los siguientes: Estados Unidos (-7%), Federación de Rusia (0%), Japón (-6%), Canadá (-6%), Australia (+8%), Ucrania (0%), Polonia (-6%), Bulgaria (-8%), Croacia (-5%), Eslovaquia (-8%), Eslovenia (-8%), Estonia (-8%), Hungría (-6%), Islandia (+10%), Letonia (-8%), Liechtenstein (-8%), Lituania (-8%), Mónaco (-8%), Noruega (+1%), Nueva Zelanda (0%), República Checa (-8%), Rumania (-8%) y Suiza (-8%).^[27]

La Unión Europea firmó un compromiso conjunto y único en nombre de todos sus países de reducir sus emisiones totales durante el periodo 2008-2012 en un 8% respecto de las de 1990. No obstante, la Unión Europea, internamente, ha realizado un reparto a cada país otorgando un límite distinto en función de diversas variables económicas y medioambientales según el principio de «reparto de la carga». Se acordó de la siguiente manera: Alemania (-21%), Austria (-13%), Bélgica (-7,5%), Dinamarca (-21%), Italia (-6,5%), Luxemburgo (-28%), Países Bajos (-6%), Reino Unido (-12,5%), Finlandia (0,0%), Francia (0,0%), España (+15%), Grecia (+25%), Irlanda (+13%), Portugal (+27%) y Suecia (+4%).^[27]

Solamente estos países están obligados a adoptar políticas que limiten sus emisiones de gases de efecto invernadero a lo acordado respecto a los niveles de 1990. Cada país comunica periódicamente sus inventarios nacionales de emisiones de GEI que son supervisados y examinados al objeto de cumplir de los objetivos fijados. En el cuadro adjunto se presenta la evolución de los inventarios nacionales de emisiones de GEI de los principales países emisores del Anexo I entre 1990 y 2006.

Estados Unidos: sin ratificar el Protocolo

Estados Unidos no ha ratificado el Protocolo.^[26] Las emisiones de CO₂ de Estados Unidos en 2005 representaron el 25% de las emisiones totales en el mundo.^[28]

Países en vías de desarrollo: sin restricciones de emisiones GEI

Los países en vías de desarrollo (los que no están incluidos en el anexo I del Protocolo), entre los que se encuentran China y la India, no están sujetos a restricciones de emisiones GEI. Los motivos son dos. Por un lado las emisiones históricas que están provocando el calentamiento actual las originaron en el pasado los países desarrollados. Por otro lado si se limitaran las emisiones de los países en vías de desarrollo no se permitiría su progresión. Así se señalaba y reconocía en el inicio del Tratado de la Convención: *Tomando nota de que, tanto históricamente como en la actualidad, la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del mundo han tenido su origen en los países desarrollados, que las emisiones per cápita en los países en desarrollo son todavía relativamente reducidas y que la proporción del total de emisiones originada en esos países aumentará para permitirles satisfacer a sus necesidades sociales y de desarrollo.*^[24] En virtud de ello China y la India que han ratificado el Protocolo de Kyoto no se incluyen en el anexo I y no están obligadas a reducir sus emisiones.^[26] Las emisiones de CO₂ de China y la India en 2005 suponían el 19% y el 4,1% de las emisiones totales en el mundo.^[28]

Los países no incluidos en el anexo I no deben presentar un inventario anual de emisiones de gases de efecto invernadero y tampoco se les somete a examen. En enero de 2007 eran 132 los países que habían presentado su inventario nacional inicial correspondiente al año 1994.

Preparación de la Conferencia de Copenhague en diciembre de 2009

Para la cumbre sobre el clima de Copenhague en diciembre de 2009, la ONU ha convocado a 192 países para acordar un límite a las emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo entre 2012 y 2020. Este periodo de compromiso debe suceder al periodo 2008-2012, acordado en el protocolo de Kyoto. Las negociaciones entre los países para limitar emisiones en esta Conferencia de Copenhague van lentas según ha manifestado preocupado el secretario general de la ONU, Ban Ki-Moon.^[29]

En septiembre de 2009, casi un centenar de jefes de Estado y de Gobierno participaron en la 64ª Asamblea General de las Naciones Unidas dedicada al cambio climático. Previamente los 192 países miembros de la ONU analizaron los objetivos de reducción de emisiones de gases tanto para los países desarrollados como para los subdesarrollados.^[30] ^[29] Esta 64ª Asamblea General de las Naciones Unidas ha servido para conocer la posición en la negociación de Copenhague de los países que son grandes emisores de GEI y que todavía no están comprometidos con un programa de limitación de emisiones. Estos países pueden representar en estos momentos más del 50% de las emisiones totales:

- El presidente de EEUU, Barack Obama, en su discurso del 22 de septiembre de 2009 en la Cumbre sobre Cambio Climático en la ONU, señaló que *la amenaza del cambio climático es seria, es urgente y está aumentando. La historia juzgará la respuesta de nuestra generación a este desafío, porque si no le hacemos frente —de manera audaz, rápida y conjunta— arriesgamos entregarles a generaciones futuras una catástrofe irreversible... todos los pueblos —nuestra prosperidad, nuestra salud, nuestra seguridad— están en peligro. Y se nos está acabando el tiempo para revertir esta tendencia... durante demasiados años, la humanidad se ha demorado para responder o incluso reconocer la magnitud de la amenaza del clima. Ése también es el caso de nuestro propio país. Lo reconocemos. ... los países desarrollados que han causado tanto daño en nuestro clima durante el último siglo tienen la responsabilidad de ser líderes... Pero esos países en desarrollo y de rápido crecimiento que producirán casi todo el aumento en las emisiones mundiales de carbono en las próximas décadas también deben poner de su parte... será necesario que se comprometan a medidas internas enérgicas y a cumplir con dichos compromisos, de igual manera que los países desarrollados deben cumplir.*^[31]

- El presidente de China, Hu Jintao, anunció en la cumbre de la ONU sobre cambio climático, que su país intentará la reducción de emisiones de CO₂ *por unidad de PIB* para 2020 con respecto al nivel de 2005 y el desarrollo de energía renovable y nuclear alcanzando un 15% de energía basada en combustibles no fósiles.^[32]
- India, uno de los mayores emisores de los países en vías de desarrollo, está dispuesta a aprobar un plan nacional pero no a firmar objetivos vinculantes de reducción de emisiones *para combatir un problema que crearon los países ricos*, según ha declarado su ministro de Medio Ambiente.^[29]

Bibliografía

- Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (Equipo de redacción principal) (2008). *IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis.*^[29] *Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del → Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.* Ginebra : Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. ISBN 92-9169-322-7.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood y D. Wratt. 2007: *Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*^[33] *Contribución del Grupo de trabajo I al Cuarto Informe de evaluación del → Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.* Cambridge y New York: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller editores.
- Gore, Al (2007). *Una verdad incómoda. La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla.* Barcelona : Editorial Gedisa S.A.. ISBN 978-84-9784-203-7.
- Erickson, Jon (1992). *El Efecto Invernadero. El desastre de mañana, hoy.* Madrid : McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.. ISBN 84-7615-789-4.
- Legoett, Jeremy (1996). *El calentamiento del Planeta. Informe de Greenpeace.* Mexico D.F. : Fondo de Cultura Económica. ISBN 0-19-286119-0.
- Rivero, Alicia (2000). *El cambio climático: el calentamiento de la Tierra.* Barcelona: Editorial Debate S.A.. ISBN 84-8306-272-0.
- Terceiro Lomba, Jaime (2009). *Economía del cambio climático.* Madrid : Taurus Santillana. ISBN 978-84-306-0756-3.
- «Trenberth, Fasullo y Kiehl (2008). *Earth's global energy budget*^[34]». Climate & Global Dynamics. Consultado el 5/09/2009.

Enlaces externos

- El efecto invernadero y el ciclo del carbono (Web de la Convención Marco sobre el cambio Climático)^[35]
- Efectos futuros de las emisiones GEI (Web de la Convención Marco sobre el cambio Climático)^[36]
- CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO^[37]
- PROTOCOLO DE KYOTO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO^[15]
- Emisiones GEI de México^[38]
- Emisiones GEI de España (1990-2007)^[39]
- Resumen del Informe Stern: análisis económico sobre el cambio climático^[40]

Referencias

- [1] Erickson, op. cit., p.43-44
- [2] Trenberth, Fasullo y Kiehl, op. cit., p.4
- [3] Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Glosario, op. cit., p.77
- [4] Trenberth, Fasullo y Kiehl, op. cit., p.1-2
- [5] Trenberth, Fasullo y Kiehl, op. cit., p.13-14
- [6] Rivero, op. cit., p.35
- [7] Trenberth, Fasullo y Kiehl, op. cit., p.37
- [8] Leggett, op. cit., p.19
- [9] « 50 years on: The Keeling Curve legacy (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7120770.stm>)». BBC News. Consultado el 12/9/2009.
- [10] Rivero, op. cit., p.34
- [11] Al Gore, op. cit., p.22-25
- [12] Solomon y otros, op. cit., p.25
- [13] Cambio climático 2007. Informe de síntesis, op. cit., p.36
- [14] Cambio climático 2007. Informe de síntesis, op. cit., p.37
- [15] Terceiro, op. cit., p.18
- [16] « CO2 Emissions from Fuel Combustion 2009 - Highlights (<http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf/>)». International Energy Agency. Consultado el 10/10/2009.
- [17] Rivero, op. cit., p.46-52
- [18] « Key climate change facts (<http://www.metoffice.gov.uk/climatechange/guide/keyfacts/>)». UK's National Weather Service: Met Office. Consultado el 13/9/2009.
- [19] « El efecto invernadero y el ciclo del carbono (http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/feeling_the_heat/items/3372.php)». Secretaría de la Convención sobre el Cambio Climático. Consultado el 26/9/2009.
- [20] Cambio climático 2007. Informe de síntesis, op. cit., p.7
- [21] « Special early excerpt of the World Energy Outlook 2009 for the Bangkok UNFCCC meeting (http://www.iea.org/weo/docs/weo2009/climate_change_excerpt.pdf/)». International Energy Agency. Consultado el 12/10/2009.
- [22] Cambio climático 2007. Informe de síntesis, op. cit., p.8-14
- [23] « Información básica (http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/items/3336.php)». Secretaría de la Convención sobre el Cambio Climático. Consultado el 13/9/2009.
- [24] « CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>)». Secretaría de la Convención sobre el Cambio Climático. Consultado el 13/9/2009.
- [25] « PROTOCOLO DE KYOTO (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>)». Secretaría de la Convención sobre el Cambio Climático. Consultado el 20/9/2009.
- [26] « KYOTO PROTOCOL STATUS OF RATIFICATION (http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratification.pdf)». Secretaría de la Convención sobre el Cambio Climático. Consultado el 13/9/2009.
- [27] « Diario Oficial de las Comunidades Europeas. DECISIÓN DEL CONSEJO.(2002/358/CE) (http://www.cne.es/cne/doc/interes/ratificacion_kyoto.pdf)». Comisión Nacional de Energía. Consultado el 20/9/2009.
- [28] « Emissions of Greenhouse Gases Report (<http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/ggrpt/>)». Energy Information Administration. Official Energy Statistics from the US Government. Consultado el 13/9/2009.
- [29] « Copenhagen huele a humo, La ONU alerta de que la parálisis amenaza la cumbre para alcanzar un Kioto II (http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Copenhague/huele/humo/elpepisc/20090920elpepisc_2/Tes)». Periódico El País: 20/09/2009. Consultado el 26/9/2009.
- [30] « La ONU debate sobre el cambio climático (<http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/la-onu-debate-sobre-el-cambio-climatico-369149.html>)». Diario Hoy. Ecuador: 22/09/2009. Consultado el 26/9/2009.
- [31] « Discurso del presidente Obama en la Cumbre sobre Cambio Climático en la ONU (<http://www.america.gov/st/energy-spanish/2009/September/20090922174141eafas0.2803003.html>)». Departamento de Estado de EEUU: America.gov. Consultado el 26/9/2009.
- [32] « China integrará más acciones contra cambio climático en desarrollo económico, dice Presidente (http://spanish.news.cn/mundo/2009-09/23/c_1351894.htm)». Spanish.news.com: 23/09/2009. Consultado el 26/9/2009.
- [33] http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_TS.pdf
- [34] http://www.cgd.ucar.edu/cas/Trenberth/trenberth.papers/10.1175_2008BAMS2634.1.pdf
- [35] http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/feeling_the_heat/items/3372.php
- [36] http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/feeling_the_heat/items/3374.php
- [37] <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- [38] <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/sustentabilidad-ambiental/cambio-climatico.html>
- [39] http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/pdf/Sumario_Inventario_de_Emisiones_GEI-serie1990-2007.pdf
- [40] http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/divulgacion/pdf/stern_conclusiones_esp.pdf

Gas de efecto invernadero

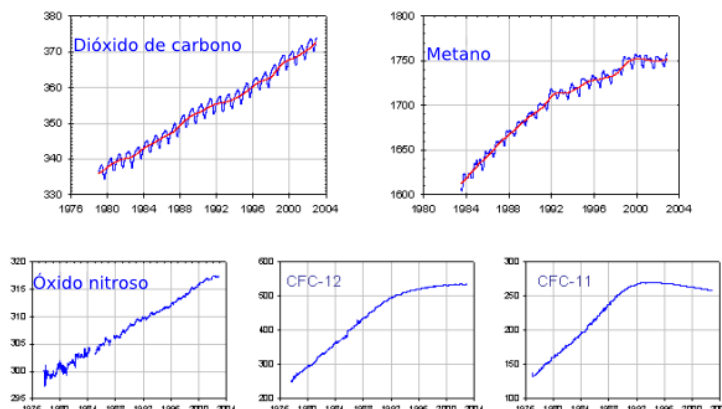


Uno o varios wikipedistas están trabajando actualmente en extender este artículo o sección.

Es posible que, a causa de ello, haya lagunas de contenido o deficiencias de formato. Es posible ayudar y editar pero, por favor, antes de realizar correcciones mayores, contacta con ellos en su página de usuario para poder coordinar la redacción.

Se denominan **gases de efecto invernadero** (GEI) o **gases de invernadero** a los gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al → efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria.

Tendencia mundial de los gases de efecto invernadero más importantes hasta el 1/2003



Concentración en la atmósfera (ppm) de los cinco gases responsables del 97% del efecto invernadero antropogénico (lapso 1976-2003).

Gases implicados

- Vapor de agua (H_2O) El vapor de agua es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es inodoro e incoloro y, a pesar de lo que pueda parecer, las nubes o el vaho blanco de una cacerola o un congelador, vulgarmente llamado "vapor", no son vapor de agua sino el resultado de minúsculas gotas de agua líquida o cristales de hielo.
- Dióxido de carbono (CO_2) óxido de carbono (IV), también denominado dióxido de carbono, gas carbónico y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO_2 .
- → Metano (CH_4) El metano (del griego methy vino, y el sufijo -ano[1]) es el hidrocarburo alcano más sencillo, cuya fórmula química es CH_4 .

Cada uno de los átomos de hidrógeno está unido al carbono por medio de un enlace covalente. Es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro e inodoro y apenas soluble en agua en su fase líquida.

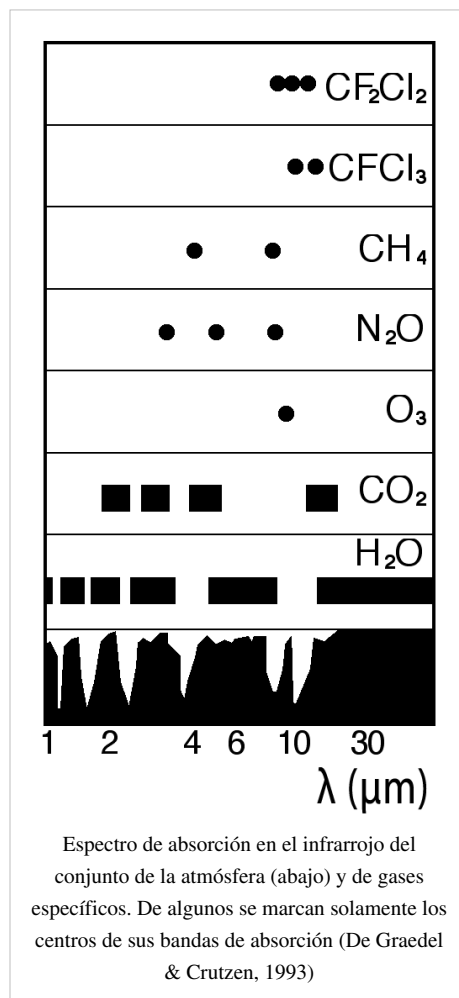
En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas. Este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. Muchos microorganismos anaeróbicos lo generan utilizando el CO_2 como aceptor final de electrones.

Constituye hasta el 97% del gas natural. En las minas de carbón se le llama grisú y es muy peligroso ya que es fácilmente inflamable y explosivo.

El metano es un gas de efecto invernadero relativamente potente que contribuye al calentamiento global del planeta Tierra ya que tiene un potencial de calentamiento global de 23.[2] Esto significa que en una media de tiempo de 100 años cada kg de CH_4 calienta la Tierra 23 veces más que la misma masa de CO_2 , sin embargo hay aproximadamente 220 veces más dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra que metano por lo que el metano contribuye de manera menos importante al efecto invernadero.

- Óxidos de nitrógeno (NO_x) El término óxidos de nitrógeno ($NxOy$) se aplica a varios compuestos químicos binarios gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente.
- Ozono (O_3) El ozono (O_3), es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los 2 átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno (O_2), formando moléculas de Ozono (O_3).
- Clorofluorocarbonos (*artificiales*) El clorofluorocarburo, clorofluorocarbono o clorofluorocarbonados (denominados también CFC) es cada uno de los derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de flúor y/o cloro principalmente.

Debido a su alta estabilidad fisicoquímica y su nula toxicidad, han sido muy usados como líquidos refrigerantes, agentes extintores y propelentes para aerosoles. Fueron introducidos a principios de la década de los años 1930 por ingenieros de General Motors, para sustituir materiales peligrosos como el dióxido de azufre y el amoníaco.



Efecto invernadero

La atmósfera, por el hecho de ser muy transparente para la luz visible pero mucho menos para la radiación infrarroja, produce para la superficie terrestre el mismo efecto que el techo de cristal produce en un invernadero; la luz solar, que llega sin grandes obstáculos hasta el suelo, lo calienta, dando lugar a que emita rayos infrarrojos (ondas caloríficas), los cuales, a diferencia de los rayos de luz, son absorbidos en gran parte por el vidrio o la atmósfera. Al final la cantidad de energía emitida al espacio tiene que ser la misma que la absorbida, pero la superficie terrestre tiene que alcanzar la temperatura en que ambos flujos se equilibran, la cual es más alta en presencia de una atmósfera (en un planeta) o de techos de cristal (en un invernadero; aunque en realidad el cristal de un invernadero protege de la pérdida de calor más porque interrumpe la circulación del aire, que porque sea opaco a los rayos infrarrojos).

Es importante señalar que el efecto invernadero afecta a todos los cuerpos planetarios del sistema solar dotados de atmósfera, porque aunque no todos los gases absorben radiación infrarroja, en ninguna de esas atmósferas faltan los que sí lo hacen. En la Tierra el efecto invernadero es responsable de un exceso de 33°C de la temperatura superficial (15°C de valor medio) sobre la temperatura de emisión (−18°C), pero en Marte la diferencia es de tan sólo 3°C y en Venus la diferencia alcanza los 466°C.

El efecto invernadero es un fenómeno natural, pero la alusión frecuente a él en relación con el → calentamiento global hace creer a algunos que es en sí indeseable, y una consecuencia reciente de la contaminación atmosférica. Hay que aclarar que el calentamiento no es atribuido a la simple existencia, sino al aumento del efecto invernadero por encima de sus valores anteriores. Además, la causación del clima y de su variación temporal depende de otros factores, aunque la comunidad científica general está considerando ahora que el calentamiento actual, cuya existencia misma algunos niegan, se debe en su mayor parte a esta causa.

Mecanismo

No todos los componentes de la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los gases de invernadero absorben los fotones infrarrojos emitidos por el suelo calentado por el sol. La energía de esos fotones no basta para causar reacciones químicas — para romper enlaces covalentes — sino que simplemente aumenta la energía de rotación y de vibración de las moléculas implicadas. El exceso de energía es a continuación transferido a otras moléculas, por las colisiones moleculares, en forma de energía cinética, es decir de calor, aumentando la temperatura del aire. De la misma forma, la atmósfera se enfría emitiendo energía infrarroja cuando se producen las correspondientes transiciones de estado vibracional y rotacional en las moléculas hacia niveles menores de energía. Todas esas transiciones requieren cambios en el momento dipolar de las moléculas (es decir, modificaciones de la separación de cargas eléctricas en sus enlaces polares) lo que deja fuera de este papel a los dos gases principales en la composición del aire, nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2), cuyas moléculas, por estar formadas por dos átomos iguales, carecen de cualquier momento dipolar.

Contaminación

Si bien todos ellos —salvo los compuestos del flúor— son naturales, en tanto que existen en la atmósfera desde antes de la aparición del hombre, a partir de la Revolución Industrial, y debido principalmente al uso intensivo de → combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte, se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera. Se estima que también el metano está aumentando su presencia por razones antropogénicas (debidas a la actividad humana). Además, a este incremento de emisiones se suman otros problemas, como la deforestación, que han reducido la cantidad de dióxido de carbono retenida en materia orgánica, contribuyendo así indirectamente al aumento antropogénico del efecto invernadero.

Referencias

- Graedel, T.E. & Crutzen, P.J. (1993) Atmospheric change. An Earth System perspective. Freeman, N. York.

Véase también

- → Calentamiento global
- → Efecto invernadero
- Protocolo de Kyoto
- Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea

Enlaces externos

Commons

-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **gases de efecto invernadero**.
- Directiva 1999/94 CE sobre CO2 ^[1] y Real Decreto español 837/2002 de 2 de agosto ^[2].
- Ministerio del Medio Ambiente de España: Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes ^[3].
- Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero ^[4]

Referencias

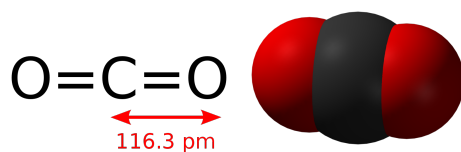
[1] <http://www.idae.es/coches/legislacion%20comunitaria%20vigente.pdf>

[2] <http://www.idae.es/coches/Real%20Decreto%20837-2002.pdf>

[3] <http://www.eper-es.es>

[4] http://www.eukn.org/espana/themes/Urban_Policy/Housing/Housing_quality/Energy_efficiency/in009_EdificacionEficienciaGEI_ES_1035.html

Óxido de carbono (IV)



Óxido de carbono (IV)

Nombre (IUPAC) sistemático	
Óxido de carbono (IV)	
General	
Otros nombres	Dióxido de carbono Anhídrido carbónico Gas carbónico
Fórmula semidesarrollada	CO ₂
Fórmula molecular	CO ₂
Identificadores	
Número CAS	124-38-9 ^[1]
Número RTECS	FF6400000
Propiedades físicas	
Estado de agregación	Gas
Apariencia	Gas incoloro
Densidad	1.6 kg/m ³ ; 0.0016 g/cm ³
Masa molar	44,0 g/mol
Punto de fusión	195 K (−78 °C)
Punto de ebullición	216 K (−57 °C)
Estructura cristalina	Parecida al cuarzo
Viscosidad	0,07 cP a −78 °C
Propiedades químicas	
Acidez (pK _a)	6,35 y 10,33
Solubilidad en agua	1,45 kg/m ³
Momento dipolar	0 D
Compuestos relacionados	
Compuestos relacionados	Óxido de carbono (II) Ácido carbónico
Termoquímica	
Δ _f H ⁰ _{gas}	−393,52 kJ/mol
S ⁰ _{gas, 1 bar}	213,79 J·mol ^{−1} ·K ^{−1}
Peligrosidad	

NFPA 704	 0 0
Frases S	S9, S26, S36 (líquido)
Número RTECS	FF6400000
Riesgos	
Ingestión	Puede causar irritación, náuseas, vómitos y hemorragias en el tracto digestivo.
Inhalación	Produce asfixia, causa hiperventilación. La exposición a largo plazo es peligrosa.
Piel	En estado líquido puede producir congelación.
Ojos	En estado líquido puede producir congelación.
Valores en el SI y en condiciones normales (0 °C y 1 atm), salvo que se indique lo contrario. Exenciones y referencias	

El **óxido de carbono (IV)**, también denominado **dióxido de carbono**, **gas carbónico** y **anhídrido carbónico**, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es **CO₂**.

Su representación por estructura de Lewis es: O=C=O. Es una molécula lineal y no polar, a pesar de tener enlaces polares. Esto se debe a que dada la hibridación del carbono la molécula posee una geometría lineal y simétrica.

Ciclo del carbono

El ciclo del óxido de carbono (IV) comprende, en primer lugar, un ciclo biológico donde se producen unos intercambios de carbono (CO₂) entre los seres vivos y la atmósfera. La retención del carbono se produce a través de la fotosíntesis de las plantas, y la emisión a la atmósfera, a través de la respiración animal y vegetal. Este proceso es relativamente corto y puede renovar el carbono de toda la tierra en 20 años. En segundo lugar, tenemos un ciclo biogeoquímico más extenso que el biológico y que regula la transferencia entre la atmósfera y los océanos y suelo (litosfera). El CO₂ emitido a la atmósfera, si supera al contenido en los océanos, ríos, etc. es absorbido con facilidad por el agua convirtiéndose en ácido carbónico. Este ácido influye sobre los silicatos que constituyen las rocas y se producen los iones bicarbonato. Los iones bicarbonato son asimilados por los animales acuáticos en la formación de sus tejidos. Una vez que estos seres vivos mueren quedan depositados en los sedimentos de los fondos marinos. Finalmente, el CO₂ vuelve a la atmósfera durante las erupciones volcánicas al fusionarse en combustión las rocas con los restos de los seres vivos.

En algunas ocasiones la materia orgánica queda sepultada sin producirse el contacto entre ésta y el oxígeno lo que evita la descomposición y, a través de la fermentación, provoca la transformación de esta materia en carbón, petróleo y gas natural.

Efecto invernadero

El óxido de carbono (IV) es uno de los → gases de efecto invernadero (G.E.I.) que contribuye a que la → Tierra tenga una temperatura habitable. Por otro lado, un exceso de óxido de carbono (IV) se supone que acentuaría el fenómeno conocido como → efecto invernadero, reduciendo la emisión de calor al espacio y provocando un mayor calentamiento del planeta; sin embargo, se sabe también que un aumento de la temperatura del mar por otras causas (como la intensificación de la radiación solar) provoca una mayor emisión del óxido de carbono (IV) que permanece disuelto en los océanos (en cantidades colosales), de tal forma que la variación del contenido del gas en el aire podría ser causa o consecuencia de los cambios climáticos, cuestión que no ha sido dilucidada por la ciencia.

En los últimos años la cantidad de óxido de carbono (IV) en la atmósfera ha presentado un aumento. Se ha pasado de unas 280 ppm en la era preindustrial a unas 390 ppm en 2009 (aun cuando su concentración global en la atmósfera es de apenas 0,039%). Este aumento podría contribuir, según el Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático promovido por la ONU, al → calentamiento global del clima planetario;^[2] en oposición, otros científicos^[3] dudan de que la influencia de los gases llamados "de efecto invernadero" (básicamente anhídrido carbónico y metano) haya sido crucial en el calentamiento que se lleva registrando en promedio en la superficie terrestre (0,6 grados centígrados) en los aproximadamente últimos 100 años.

Usos

Se utiliza como agente extintor eliminando el oxígeno para el fuego.

En Industria Alimenticia, se utiliza en bebidas carbonatadas para darles efervescencia.

También se puede utilizar como ácido inocuo o poco contaminante. La acidez puede ayudar a cuajar lácteos de una formas más rápida y por tanto barata, sin añadir ningún sabor y en la industria se puede utilizar para neutralizar residuos alcalinos sin añadir otro ácido mas contaminante como el sulfúrico.

En agricultura, se puede utilizar como abonado. Aunque no pueden absorberlo por las raíces, se puede añadir para bajar el pH, evitar los depósitos de cal y hacer más disponibles algunos nutrientes del suelo.

También en refrigeración como una clase líquido refrigerante en máquinas frigoríficas o congelado como hielo seco. Este mismo compuesto se usa para crear niebla artificial y sensación de hervor en agua en efectos especiales en el cine y los espectáculos.

Otro uso que está incrementándose es su empleo como agente extractante cuando se encuentra en condiciones supercríticas dada su escasa o nula presencia de residuos en los extractos. Este uso actualmente se reduce a la obtención de alcaloides como la cafeína y determinados pigmentos, pero una pequeña revisión por revistas científicas puede dar una visión del enorme potencial que este agente de extracción presenta, ya que permite realizar extracciones en medios anóxicos lo que permite obtener productos de alto potencial antioxidante.

Es utilizado también como material activo para generar luz coherente. (Láser de CO₂)

Junto con el agua es el disolvente más empleado en procesos con fluidos supercríticos.

Enlaces externos

-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Óxido de carbono (IV)**. Commons
- Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España ^[4]: Ficha internacional de seguridad química del óxido de carbono (IV).
- Directiva 1999/94 CE sobre CO₂ ^[5] y Real Decreto español 837/2002 de 2 de agosto ^[6].

Referencias

- [1] http://nlm.nih.gov/cgi/mesh/2006/MB_cgi?m=1&term=124-38-9
- [2] *This topic considers both natural and anthropogenic drivers of climate change including the chain from greenhouse gas (GHG) emissions to atmospheric concentrations to radiative forcing to climate responses and effects. CO₂ is the most important anthropogenic GHG. Its annual emissions have grown between 1970 and 2004 by about 80%, from 21 to 38 Gt, and represented 77% of total anthropogenic GHG emissions in 2004. The rate of growth of CO₂-eq emissions was much higher during the recent ten year period of 1995-2004 (0.92 GtCO₂-eq per year) than during the previous period of 1970-1994 (0.43 GtCO₂-eq per year). {WGIII 1.3, TS.1, SPM} IPCC Fourth Assessment Report (Informe sobre el Cambio Climático de la ONU) (<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>)*
- [3] Global Warming Petition Project (<http://www.oism.org/pproject/>)
- [4] <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/0a100/nspn0021.pdf>
- [5] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0094:ES:HTML>
- [6] http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=2002/15766

Ciclo del carbono

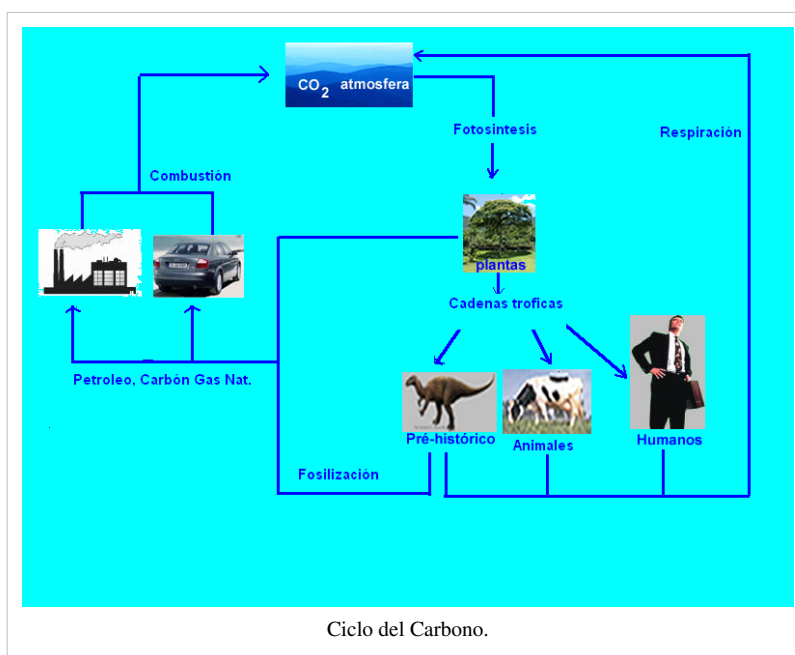
El **Ciclo del carbono** es básico en la formación de las moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos; pues todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de carbonos enlazados entre sí.

Es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. Es sólido a temperatura ambiente. Dependiendo de las condiciones de formación, puede encontrarse en la naturaleza en distintas formas alotrópicas, carbono amorfo y cristalino en forma de grafito o diamante. Es el pilar básico de la química orgánica. Se conocen cerca de 10 millones de compuestos de carbono, y forma parte de todos los seres vivos conocidos.

Ciclo del carbono

La reserva fundamental de carbono, en moléculas de CO₂ que los seres vivos puedan asimilar, es la → atmósfera y la hidrosfera. Este gas está en la atmósfera en una concentración de más del 0,03% y cada año aproximadamente un 5% de estas reservas de CO₂ se consumen en los procesos de fotosíntesis, es decir que todo el anhídrido carbónico se renueva en la atmósfera cada 20 años.

La vuelta de CO₂ a la atmósfera se hace cuando en la respiración los seres vivos oxidan los alimentos produciendo CO₂. En el conjunto de la



→ biosfera la mayor parte de la respiración la hacen las raíces de las plantas y los organismos del suelo y no, como podría parecer, los animales más visibles.

Los productos finales de la combustión son CO_2 y vapor de agua. El equilibrio en la producción y consumo de cada uno de ellos por medio de la fotosíntesis hace posible la vida.

Los vegetales verdes que contienen clorofila toman el CO_2 del aire y durante la fotosíntesis liberan oxígeno, además producen el material nutritivo indispensable para los seres vivos. Como todas las plantas verdes de la tierra ejecutan ese mismo proceso diariamente, no es posible siquiera imaginar la cantidad de CO_2 empleada en la fotosíntesis.

En la medida de que el CO_2 es consumido por las plantas, también es remplazado por medio de la respiración de los seres vivos, por la descomposición de la materia orgánica y como producto final de combustión del petróleo, hulla, gasolina, etc.

En el ciclo del carbono participan los seres vivos y muchos fenómenos naturales como los incendios.

Los seres vivos acuáticos toman el CO_2 del agua. La solubilidad de este gas en el agua es muy superior a la que tiene en el aire.

Tipo de Ciclos

El **ciclo del carbono** (CO_2) es la sucesión de transformaciones que sufre el carbono a lo largo del tiempo. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. El ciclo comprende dos ciclos que se suceden a distintas velocidades.

Ciclo biogeoquímico

Regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y la litosfera (océanos y suelo). El CO_2 atmosférico se disuelve con facilidad en agua, formando ácido carbónico que ataca los silicatos que constituyen las rocas, resultando iones bicarbonato. Estos iones disueltos en agua alcanzan el mar, son asimilados por los animales para formar sus tejidos, y tras su muerte se depositan en los sedimentos. El retorno a la atmósfera se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que lo contienen. Este último ciclo es de larga duración, al verse implicados los mecanismos geológicos. Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descomponga, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural.

Almacenamiento

El almacenamiento del carbono en los depósitos fósiles supone en la práctica una rebaja de los niveles atmosféricos de dióxido de carbono. Si éstos depósitos se liberan, como se viene haciendo desde tiempo inmemorial con el carbón, o más recientemente con el petróleo y el gas natural; el ciclo se desplaza hacia un nuevo equilibrio en el que la cantidad de CO_2 atmosférico es mayor; más aún si las posibilidades de reciclado del mismo se reducen al disminuir la masa boscosa y vegetal.

Explotación

La explotación de → combustibles fósiles para sustentar las actividades industriales y de transporte (junto con la → deforestación) es hoy día una de las mayores agresiones que sufre el planeta, con las consecuencias por todos conocidas: → cambio climático (por el → efecto invernadero), desertificación, etc. La cuestión ha sido objeto del Convenio sobre cambio climático aprobado en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y suscrito en la cumbre de Río (Río de Janeiro, 11 de junio de 1992).

Enlaces externos

- CicloDelCarbono.com^[1] Información sobre el ciclo del carbono.

Referencias

[1] <http://www.ciclodelfcarbono.com>

Combustible fósil

La mayor parte de la energía empleada actualmente en el mundo proviene de los **combustibles fósiles**. Se los utiliza en transporte, para generar electricidad, para calentar ambientes, para cocinar, etc.

Los combustibles fósiles son tres: petróleo, carbón y gas natural, y se formaron hace millones de años, a partir de restos orgánicos de plantas y animales muertos. Durante miles de años de evolución del planeta, los restos de seres que lo poblaron en sus distintas etapas se fueron depositando en el fondo de mares, lagos y otros cuerpos de agua. Allí fueron cubiertos por capa tras capa de sedimento. Fueron necesarios millones de años para que las reacciones químicas de descomposición y la presión ejercida por el peso de esas capas transformasen a esos restos orgánicos en gas, petróleo o carbón.



Carbón (hulla)

Los combustibles fósiles son recursos no renovables: no se reponen por procesos biológicos como por ejemplo la madera. En algún momento, se acabarán, y tal vez sea necesario disponer de millones de años de una evolución y descomposición similar para que vuelvan a aparecer.

Petróleo

El petróleo es un líquido oleoso compuesto de carbono e hidrógeno en distintas proporciones. Se encuentra en profundidades que varían entre los 500 y los 4.000 metros. Este recurso ha sido usado por el ser humano desde la Antigüedad: los egipcios usaban petróleo en la conservación de las momias, y los romanos, de combustible para el alumbrado.

Actualmente, las refinerías y las industrias petroquímicas extraen del petróleo diferentes productos para distintas aplicaciones: gas licuado, gasolina, diesel, aceites lubricantes, además de numerosos subproductos que sirven para fabricar pinturas, detergentes, plásticos, cosméticos, fertilizantes y otros muchísimos artículos.

Carbón

El carbón que corresponde al combustible fósil es aquel que conocemos como carbón mineral. Se extrae desde minas bajo tierra, y no necesita ser refinado para utilizarse. En nuestro país, se estima que en los próximos años el consumo de carbón descienda, debido a la introducción del gas natural.

Gas natural

El gas natural está compuesto principalmente por $\rightarrow$ metano, un compuesto químico hecho de átomos de carbono e hidrógeno. Se encuentra bajo tierra, habitualmente en compañía de petróleo. Se extrae mediante tuberías, y se almacena directamente en grandes tanques. Luego se distribuye a los usuarios a través de gasoductos. Como es inodoro e incoloro, al extraerlo se mezcla con una sustancia que le da un fuerte y desagradable olor. De este modo, las personas pueden darse cuenta de que existe una filtración o escape de gas

Deforestación



Uno o varios wikipedistas están trabajando actualmente en extender este artículo o sección.

Es posible que, a causa de ello, haya lagunas de contenido o deficiencias de formato. Es posible ayudar y editar pero, por favor, antes de realizar correcciones mayores, contacta con ellos en su página de usuario para poder coordinar la redacción.



Este artículo o sección necesita **referencias** que aparezcan en una **publicación acreditada**, como revistas especializadas, monografías, prensa diaria o páginas de Internet fidedignas.

Puedes añadirlas así o avisar al autor principal del artículo ^[1] en su página de discusión pegando: {{subst:Aviso referencias|Deforestación}} ~~~~

La **deforestación** es un proceso provocado generalmente por la acción humana, en la que se destruye la superficie forestal.^[2] ^[3] Está directamente causada por la acción del hombre sobre la naturaleza, principalmente debido a las talas realizadas por la industria maderera, así como para la obtención de suelo para la agricultura.

Historia

La deforestación es un proceso antiguo, el cual se ha acrecentado en los últimos tres siglos, con un promedio de seis millones de hectáreas anuales. Esto se produjo principalmente en el Hemisferio Norte en los siglos XVIII y XIX, aunque en el siglo XX comenzó a realizarse en el Hemisferio Sur, principalmente en las selvas tropicales de la región.^[2] ^[3]

Antigüedad

Hace unos ocho mil años, los seres humanos empezaron a talar bosques en cantidades pequeñas pero significativas, aunque para ello solo dispusieran de hachas de sílex.^[4]

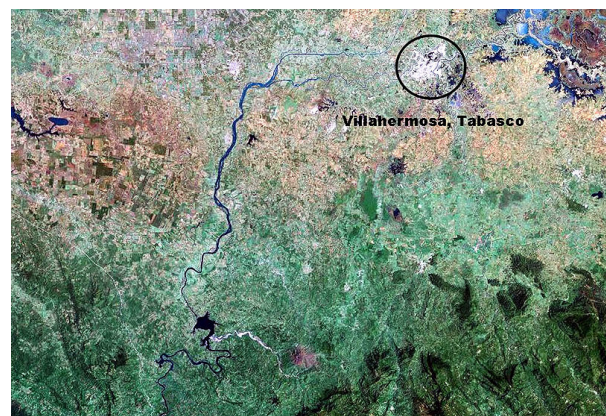


Imagen satelital de la cuenca del Grijalva antes de llegar a Villahermosa, Tabasco. Notese la deforestación en todo el valle.

A medida que la agricultura se iba extendiendo el hombre limpiaba el suelo de árboles y arbustos para permitir que la luz del sol llegara hasta el suelo. El desbroce se hacía por el método de lacerar y quemar. Al cabo de uno o dos, durante la estación seca se quemaban los residuos caídos y los árboles muertos y se sembraba en el suelo enriquecido con las cenizas.

En los seis mil años que van hasta el comienzo de la era histórica, hace dos mil años, el hombre fue mejorando sus herramientas para trabajar la tierra y disponía de hachas y arados de la Edad del Bronce y luego de la Edad del Hierro, así como de bueyes y caballos domesticados que tiraban de los arados. Estos avances hicieron que la agricultura fuera ganando tierras al bosque que fue talado allí donde ésta se desarrolló.

Periodo histórico

Hace dos mil años, en China, India, el sur y el oeste de Europa y el Magreb mediterráneo, así como en las tierras bajas de Centroamérica, la cuenca amazónica y las tierras altas de Perú se empleaban prácticas agrícolas sofisticadas (cultivos diversificados, plantaciones múltiples y cría de ganado). Todas esas regiones son naturalmente boscosas, y la agricultura a gran escala exigió talar esos árboles.^[4]

En el año 1089, Guillermo el Conquistador ordenó realizar el estudio Domesday, un estudio de sus nuevos dominios (Inglaterra). Este estudio demostró que se había deforestado el 85% de los campos, así como el 90% de la tierra cultivable (de altitud inferior a los mil metros).^[4] Siete siglos antes de la era industrial, Gran Bretaña estaba totalmente deforestada y muchos de los «bosques» que quedaban estaban protegidos en calidad de reservas de caza para la realeza y la nobleza.

El primer censo fiable de China data de la dinastía Han, hace cerca de dos mil años y por entonces el país tenía 57 millones de habitantes, con una densidad que triplicaba la de Inglaterra en el momento del estudio Domesday lo que implicaba que tanto China como India e Indonesia, zonas densamente pobladas estaban deforestadas ya hace dos mil años.^[4]

Siglos XV y XVI

Las islas del Caribe, como también partes de México y Centroamérica, contaban con una gran riqueza forestal, la cual estaba compuesta de maderas como caoba, palo santo y palo maría, entre otras. Con la llegada de los españoles a América comenzó la explotación de estos bosques, para la construcción y la extracción de elementos químicos tintóreos, como también su utilización como combustibles. Ante un peligroso incremento del consumo, la monarquía española promulgó leyes para regular el aprovechamiento de los bosques y no comprometer al ambiente.^[5]

Ante el poderío británico en los mares, los reyes Felipe V, Fernando VI y Carlos III incentivaron la creación de astilleros en algunas ciudades americanas, como La Habana, Campeche, Guayaquil, El Realejo, Nicoya, Panamá, El Callao y Coatzacoalcos, con el objetivo de recuperar el poderío naval que se había perdido. Ante esta situación, se produjo una gran demanda de madera para la construcción de estos barcos.^[5]

Actualidad

En el presente, la deforestación ocurre, principalmente en América Latina, África Occidental y algunas regiones de Asia.

Una tercera parte del total de la tierra está cubierta por bosques, lo que representa cerca de 4 000 millones de hectáreas. Hay 10 países que concentran dos tercios de este patrimonio forestal: Australia, Brasil, Canadá, China, la República Democrática del Congo, India, Indonesia, Perú, la Federación Rusa y los EE.UU.^[6] Estos han sido explotados desde hace años para la obtención de madera, frutos, sustancias producidas por diferentes especies o para asentamientos de población humana.

En las selvas del Amazonas, por ejemplo, el gobierno brasileño ha alentado un crecimiento rápido en las últimas décadas.^[cita requerida] Se construyó una súper-carretera en las regiones con mayor densidad de bosques, en el corazón

del país, y promovió asentamientos humanos y urbanizaciones en ellas.^[cita requerida]

En los países más desarrollados se producen otras agresiones, como la lluvia ácida, que comprometen la supervivencia de los bosques, situación que se pretende controlar mediante la exigencia de requisitos de calidad para los combustibles, como la limitación del contenido de azufre.

En los países menos desarrollados las masas boscosas se reducen año tras año, mientras que en los países industrializados se están recuperando debido a las presiones sociales, reconvirtiéndose los bosques en atractivos turísticos y lugares de esparcimiento.

Mientras que la tala de árboles de la pluviselva tropical ha atraído más atención, los bosques secos tropicales se están perdiendo en una tasa sustancialmente mayor, sobre todo como resultado de las técnicas utilizadas de tala y quema para ser reemplazadas por cultivos. La pérdida de → biodiversidad se correlaciona generalmente con la tala de árboles.

Bibliografía

- Wiliam F. Ruddiman *Los tres jinetes del cambio climático* Edit: Turner Noema, ISBN 978-84-7506-852-7
- *La Enciclopedia del Estudiante* volumen 8, Edit: Santillana, ISBN 950-46-1597-X
- MONTENEGRO, Celina; GASPARRI, Ignacio; MANGHI, Eduardo; STRADA, Mabel; BONO, Julieta; PARMUCHI, María Gabriela, *Informe sobre deforestación en Argentina*; Edición de Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable PDF.

Referencias

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Deforestaci%C3%B3n>
- [2] (2006) «Bloque 5. Geografía Económica», Santillana-La Nación (ed.). *La Enciclopedia del Estudiante* (vol. 8. Geografía General) (en español), p. 155. ISBN 950-46-1597-X.
- [3] MONTENEGRO, Celina; GASPARRI, Ignacio; MANGHI, Eduardo; STRADA, Mabel; BONO, Julieta; PARMUCHI, María Gabriela (Diciembre de 2004). «1- Situación mundial», Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (ed.). *Informe sobre deforestación en Argentina* (http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/bosques/umsef/cartografia/deforestacion_argentina.pdf) (PDF), Dirección de Bosques (en español), p. 3. Consultado el 18 de septiembre de 2009.
- [4] Wiliam F. Ruddiman *Los tres jinetes del cambio climático* Edit: Turner Noema, pag. 135 ISBN 978-84-7506-852-7
- [5] JORDÁN REYES, Miguel; GARCÍA, Ángel; MARTÍN, Rodrigo (2006). «La deforestación de la isla de Cuba durante la dominación española (1492-1898)» (<http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=2755>)» (en español). Consultado el 18 de septiembre de 2009.
- [6] (FRA 2005) Informe de la FAO (<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0400s/a0400s.pdf>) pag. 12

Biodiversidad

Biodiversidad (neologismo del inglés *Biodiversity*, a su vez del griego *bio-*, vida, y del latín *diversitas*, *-ātis*, variedad), también llamada **diversidad biológica**, es el término^[1] por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la → Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de Evolución según procesos naturales y también, de la influencia creciente de las actividades del ser humano. La biodiversidad comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones y con el resto del entorno, fundamentan el sustento de la vida sobre el planeta.

La *Cumbre de la Tierra* celebrada por Naciones Unidas en Río de Janeiro en 1992 reconoció la necesidad mundial de conciliar la preservación futura de la biodiversidad con el progreso humano según criterios de sostenibilidad o sustentabilidad promulgados en el *Convenio internacional sobre la Diversidad Biológica* que fue aprobado en Nairobi el 22 de mayo de 1992, fecha posteriormente declarada por la Asamblea General de la ONU como "Día internacional de la biodiversidad".



Imagen de un Lince *Lynx lynx*, una de las cerca de 2 millones de especies identificadas que conforman el patrimonio de la **Biodiversidad** en el mundo

Origen y evolución del término

Según la RAE, el término **biodiversidad** define la "Variedad de especies animales y vegetales en su medio ambiente"^[2]

Sin embargo el concepto, por su carácter intuitivo, ha presentado ciertas dificultades para su definición precisa, tal como señaló Fermín Martín Piera^[3] al argumentar que el abuso en su empleo podría *vaciarlo de contenido*, ya que en sus palabras: *suele acontecer en la historia del pensamiento que los nuevos paradigmas conviven durante un tiempo con las viejas ideas*, considerando junto a otros autores que el concepto de biodiversidad fue ya apuntado por la propia Teoría de la evolución.

A principios del siglo XX, los ecólogos Jaccard y Gleason propusieron en distintas publicaciones los primeros índices estadísticos destinados a comparar la diversidad interna de los ecosistemas. A mediados del siglo XX, el interés científico creciente permitió el desarrollo del concepto para describir la complejidad y organización, hasta que en 1980, Thomas Lovejoy propuso la expresión *diversidad biológica*.^[4]

Definición

Si en el campo de la biología la biodiversidad se refiere al número de poblaciones de organismos y especies distintas, para los ecólogos el concepto incluye la diversidad de interacciones durables entre las especies y su ambiente inmediato o biotopo, el ecosistema en que los organismos viven. En cada ecosistema, los organismos vivos son parte de un todo actuando recíprocamente entre sí, pero también con el aire, el agua, y el suelo que los rodean.

Se distinguen habitualmente tres niveles en la biodiversidad

- **Genética** o diversidad intraespecífica, consistente en la diversidad de versiones de los genes (alelos) y de su distribución, que a su vez es la base de las variaciones interindividuales (la variedad de los genotipos).
- **Específica**, entendida como diversidad sistemática, consistente en la pluralidad de los sistemas genéticos o genomas que distinguen a las especies.
- **Ecosistémica**, la diversidad de las comunidades biológicas (biocenosis) cuya suma integrada constituye la → Biosfera.

Hay que incluir también la diversidad interna de los ecosistemas, a la que se refiere tradicionalmente la expresión diversidad ecológica.

Biodiversidad y evolución

La biodiversidad que hoy se encuentra en la → Tierra es el resultado de cuatro mil millones de años de evolución.^[5]

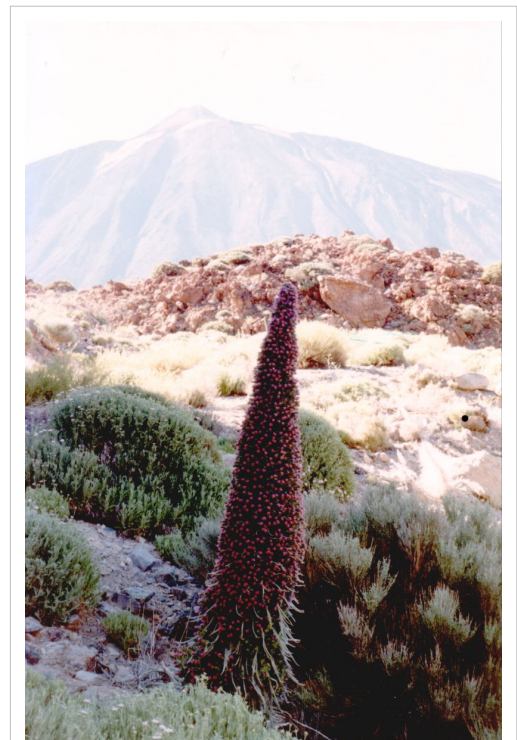
Aunque el origen de la vida no se puede datar con precisión, la evidencia sugiere que se inició muy temprano, unos 100 millones de años después de la formación de la Tierra^[cita requerida]. Hasta hace aproximadamente 600 millones de años, toda la vida consistía en bacterias y microorganismos^[cita requerida].

La historia de la diversidad biológica durante el Fanerozoico -últimos 540 millones de años- comienza con el rápido crecimiento durante la explosión cámbrica, período durante el que aparecieron por primera vez los phylum de organismos multicelulares^[cita requerida]. Durante los siguientes 400 millones de años la biodiversidad global mostró un relativo avance, pero estuvo marcada por eventos puntuales de extinciones masivas^[cita requerida].

La biodiversidad aparente que muestran los registros fósiles sugiere que unos pocos millones de años recientes incluyen el período con mayor biodiversidad de la historia de la Tierra. Sin embargo, no todos los científicos sostienen este punto de vista, ya que no es fácil determinar si el abundante registro fósil se debe a una explosión de la biodiversidad, o -simplemente- a la mejor disponibilidad y conservación de los estratos geológicos más recientes.^[cita requerida]

Algunos, como Alroy y otros^[6] piensan que mejorando la toma de muestras, la biodiversidad moderna no difiere demasiado de la de 300 millones de años atrás. Las estimaciones sobre las especies macroscópicas actuales varían de 2 a 100 millones, con un valor lógico estimable en 10 millones de especies, aproximadamente.

La mayoría de los biólogos coinciden sin embargo en que el período desde la aparición del hombre forma parte de una nueva extinción masiva, el evento de extinción holocénico, causado especialmente por el impacto que los humanos tienen en el desarrollo del ecosistema. Se calcula que las especies extinguidas por acción de la actividad



Tajinaste

humana es todavía menor que las observadas durante las extinciones masivas de las eras geológicas anteriores^[cita requerida]. Sin embargo, muchos opinan que la tasa actual de extinción es suficiente para crear una gran extinción masiva en el término de menos de 100 años^[cita requerida]. Los que están en desacuerdo con esta hipótesis sostienen que la tasa actual de extinción puede mantenerse por varios miles de años antes que la pérdida de biodiversidad supere el 20% observado en las extinciones masivas del pasado^[cita requerida].

Se descubren regularmente nuevas especies -un promedio de tres aves por año^[cita requerida]- y muchas ya descubiertas no han sido aún clasificadas: se estima que el 40% de los peces de agua dulce de Sudamérica permanecen sin clasificación^[cita requerida].

Importancia de la biodiversidad

El valor esencial y fundamental de la biodiversidad reside en que es resultado de un proceso histórico natural de gran antigüedad. Por esta sola razón, la diversidad biológica tiene el inalienable derecho de continuar su existencia. El hombre y su cultura, como producto y parte de esta diversidad, debe velar por protegerla y respetarla.

Además la biodiversidad es garante de bienestar y equilibrio en la → biosfera. Los elementos diversos que componen la biodiversidad conforman verdaderas unidades funcionales, que aportan y aseguran muchos de los “servicios” básicos para nuestra supervivencia.

Finalmente desde nuestra condición humana, la diversidad también representa un capital natural.^[7] El uso y beneficio de la biodiversidad ha contribuido de muchas maneras al desarrollo de la cultura humana, y representa una fuente potencial para subvenir a necesidades futuras.

Considerando la diversidad biológica desde el punto de vista de sus usos presentes y potenciales y de sus beneficios, es posible agrupar los argumentos en tres categorías principales.

El aspecto ecológico

Hace referencia al papel de la diversidad biológica desde el punto de vista sistémico y funcional (ecosistemas). Al ser indispensables a nuestra propia supervivencia, muchas de estas funciones suelen ser llamadas “servicios”:

Los elementos que constituyen la diversidad biológica de un área son los reguladores naturales de los flujos de energía y de materia. Cumplen una función importante en la regulación y estabilización de las tierras y zonas litorales. Por ejemplo, en las laderas montañosas, la diversidad de especies en la capa vegetal conforma verdaderos tejidos que protegen las capas inertes subyacentes de la acción mecánica de los elementos como el viento y las aguas de escorrentía. La biodiversidad juega un papel determinante en procesos → atmosféricos y climáticos. Muchos intercambios y efectos de las masas continentales y los océanos con la atmósfera son producto de los elementos vivos (efecto albedo, evapotranspiración, → ciclo del carbono, etc). La diversidad biótica de un sistema natural es uno de los factores determinantes en los procesos de recuperación y reconversión de desechos y nutrientes. Además algunos ecosistemas presentan organismos o comunidades capaces de degradar toxinas, o de fijar y estabilizar compuestos peligrosos de manera natural.

Aun con el desarrollo de la agricultura y la domesticación de animales, la diversidad biológica es indispensable para mantener un buen funcionamiento de los agroecosistemas.^[8] La regulación trofo-dinámica de las poblaciones biológicas solo es posible respetando las delicadas redes que se establecen en la naturaleza. El desequilibrio en estas relaciones ya ha demostrado tener consecuencias negativas importantes. Esto es aún más evidente con los recursos marinos, donde la mayoría de las fuentes alimenticias consumidas en el mundo son capturadas directamente en el medio. La respuesta a las perturbaciones (naturales o antrópicas) tiene lugar a nivel sistémico, mediante vías de respuesta que tienden a volver a la situación de equilibrio inicial. Sin embargo, las actividades humanas han aumentado dramáticamente en cuanto a la intensidad, afectando irremediablemente la diversidad biológica de algunos ecosistemas y vulnerando en muchos casos esta capacidad de respuesta con resultados catastróficos.

La investigación sugiere que un ecosistema más diverso puede resistir mejor a la tensión medioambiental y por consiguiente es más productivo. Es probable que la pérdida de una especie disminuya la habilidad del sistema para mantenerse o recuperarse de daños o perturbaciones. Simplemente como una especie con la diversidad genética alta, un ecosistema con la biodiversidad alta puede tener una oportunidad mayor de adaptarse al cambio medioambiental. En otros términos: cuantas más especies comprende un ecosistema, más probable es que el ecosistema sea estable. Los mecanismos que están debajo de estos efectos son complejos y calurosamente disputados. Sin embargo, en los recientes años, se ha dejado claro que realmente hay efectos ecológicos de biodiversidad.

Una elevada disponibilidad de recursos en el ambiente favorece una mayor biomasa, pero también la dominancia ecológica y frecuentemente ecosistemas relativamente pobres en nutrientes presentan una mayor diversidad, algo que es cierto sistemáticamente en los ecosistemas acuáticos. Una mayor biodiversidad permite a un ecosistema resistir mejor a los cambios ambientales mayores, haciéndolo menos vulnerable, más resiliente por cuanto el estado del sistema depende de las interrelaciones entre especies y la desaparición de cualquiera de ellas es menos crucial para la estabilidad del conjunto que en ecosistemas menos diversos y más marcados por la dominancia.

El aspecto económico

Para todos los humanos, la biodiversidad es el primer recurso para la vida diaria. Un aspecto importante es la diversidad de la cosecha que también se llama la agrobiodiversidad.

La mayoría de las personas ve la biodiversidad como un depósito de recursos útil para la fabricación de alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos. Este concepto sobre los recursos biológicos explica la mayoría de los temores de desaparición de los recursos. Sin embargo, también es el origen de nuevos conflictos que tratan con las reglas de división y apropiación de recursos naturales.

Algunos de los artículos económicos importantes que la biodiversidad proporciona a la humanidad son:

- Alimentos: cosechas, ganado, silvicultura, piscicultura, medicinas. Se han usado las especies de plantas silvestres subsecuentemente para propósitos medicinales en la prehistoria. Por ejemplo, la quinina viene del árbol de la quina (trata la malaria), el digital de la planta Digitalia (problemas de arritmias crónicas), y la morfina de la planta de amapola (anestesia). Los animales también pueden jugar un papel, en particular en la investigación. Se estima que de las 250.000 especies de plantas conocidas, se han investigado sólo 5.000 para posibles aplicaciones médicas.
- Industria: por ejemplo, fibras textiles, madera para coberturas y calor. La biodiversidad puede ser una fuente de energía (como la biomasa). La diversidad biológica encierra además la mayor reserva de compuestos bioquímicos imaginable, debido a la variedad de adaptaciones metabólicas de los organismos. Otros productos industriales que obtenemos actualmente son los aceites, lubricantes, perfumes, tintes, papel, ceras, caucho, látex, resinas, venenos, corcho.
- Los suministros de origen animal incluyen lana, seda, piel, carne, cuero, lubricante y ceras. También pueden usarse los animales como transporte.
- Turismo y recreación: la biodiversidad es una fuente de riqueza barata para muchas áreas, como parques y bosques donde la naturaleza salvaje y los animales son una fuente de belleza y alegría para muchas personas. El ecoturismo, en particular, está en crecimiento en la actividad recreativa al aire libre. Así mismo, una gran parte de nuestra herencia cultural en diversos ámbitos (gastronómico, educativo, espiritual) está íntimamente ligada a la diversidad local o regional y seguramente lo seguirá estando.

Los ecólogos y activistas ecológicos fueron los primeros en insistir en el aspecto económico de la protección de la diversidad biológica. Así, E. O. Wilson escribió en 1992: *"La biodiversidad es una de las riquezas más grandes del planeta, y no obstante la menos reconocida como tal..."*.

La estimación del valor de la biodiversidad es una condición previa necesaria a cualquier discusión en la distribución de sus riquezas. Este valor puede ser discriminado entre valor de uso (directo como el turismo o indirecto como la polinización) y valor intrínseco.

Si los recursos biológicos representan un interés ecológico para la comunidad, su valor económico también es creciente. Se desarrollan nuevos productos debido a las biotecnologías y los nuevos mercados. Para la sociedad, la biodiversidad es también un campo de actividad y ganancia. Exige un arreglo de dirección apropiado para determinar cómo estos recursos serán usados.

La mayoría de las especies tiene que ser evaluada aún por la importancia económica actual y futura. Sin embargo, debemos ser conscientes de que aún nos falta mucho para saber valorar, no sólo lo económico, si no más aún el valor que tiene para los ecosistemas y ese valor o precio no lo podemos ni siquiera imaginar.

Se considera generalmente que la expansión demográfica y económica de la especie humana está poniendo en marcha una extinción masiva, de dimensiones incomparablemente mayores que las de cualquier extinción anterior. Las causas concretas están en la desaparición indiscriminada de ecosistemas, por la tala de bosques, la degradación de los suelos, la contaminación ambiental, la caza y la pesca excesivas,...etc. La comunidad científica juzga, en general, que tal extinción representa una amenaza para la capacidad de la → biosfera para sustentar la vida humana a través de diversos servicios naturales y recursos renovables. Por ello la comprensión de la biodiversidad cultural en su relación con los ecosistemas es clave, siempre que no se disocien los recursos naturales de su contexto cultural, histórico y geográfico.

El aspecto científico

La biodiversidad es importante porque cada especie puede dar una pista a los científicos sobre la evolución de la vida. Además, la biodiversidad ayuda a la ciencia a entender cómo funciona el proceso vital y el papel que cada especie tiene en el ecosistema.

La evaluación de la biodiversidad

Parámetros

La diversidad es una propiedad fenomenológica que pretende expresar la variedad de elementos distintos. Como cualidad fundamental de nuestra percepción, sentimos la necesidad de cuantificarla. El desarrollo de una medida que permita expresar de manera clara y comparable la diversidad biológica presenta dificultades y limitaciones. No se trata simplemente de medir una variación de uno o varios elementos comunes, sino de cuantificar y ponderar cuantos elementos o grupos de elementos diferentes existen. Las medidas de diversidad existentes pues, no son más que modelos cuantitativos o semi-cuantitativos de una realidad cualitativa con límites muy claros en cuanto a sus aplicaciones y alcances. El desarrollo de un concepto matemático lógico y coherente para la modelación de la diversidad biológica a nivel específico y genético ha sido bastante explorada y presenta un cuerpo sintético y robusto. La modelación de la diversidad a nivel de ecosistemas es más reciente, y se ha visto beneficiada por los adelantos tecnológicos (como los SIG.^[9] Las medidas de diversidad más sencillas consisten en índices matemáticos que expresan la cantidad de información y el grado de organización de la misma. Básicamente las expresiones métricas de diversidad tienen en cuenta tres aspectos:

- **Riqueza:** Es el número de elementos. Según el nivel, se trata del número de alelos o heterocigosis (nivel genético), número de especies (nivel específico), o del número de hábitats o unidades ambientales diferentes (nivel ecosistémico).
- **Abundancia relativa:** Es la incidencia relativa de cada uno de los elementos en relación a los demás.
- **Diferenciación:** Es el grado de diferenciación genética, taxonómica o funcional de los elementos.

Cada uno de estos índices de la diversidad es unidimensional y de lectura limitada. Las comparaciones y valoraciones de la diversidad biológica son forzosamente incompletas en estos términos. Se usan por su carácter práctico y sintético, pero insuficiente frente a modelos analíticos alternativos multiescalares y multidimensionales que responden mejor a las necesidades específicas de conservación y manejo. Así, la modelación bidimensional

(riqueza y abundancia relativa) puede considerarse como el estándar "*clásico*" de medida y expresión de la diversidad. De acuerdo a la escala espacial en la que se mide la diversidad biológica, se habla de diversidad *alpha* (diversidad puntual, representada por α), *beta* (diversidad entre hábitats, representada por β) y *gamma* (diversidad a escala regional, representada por γ). Estos términos fueron acuñados por Robert Whittaker en 1960 y gozan en general de una gran aceptación.

Dinámica

La biodiversidad no es estática: es un sistema en evolución constante, tanto en cada especie, así como en cada organismo individual. Una especie actual puede haberse iniciado hace uno a cuatro millones de años, y el 99% de las especies que alguna vez han existido en la Tierra se han extinguido.

La biodiversidad no se distribuye uniformemente en la tierra. Es más rica en los trópicos, y conforme uno se acerca a las regiones polares se encuentran poblaciones más grandes y menos especies. La flora y fauna varían, dependiendo del clima, altitud, suelo y la presencia de otras especies.

Unidades espaciales y biodiversidad

La distribución de la diversidad biológica actual es el resultado de los procesos evolutivos, biogeográficos y ecológicos a lo largo del tiempo desde la aparición de la vida en la tierra. Su existencia, conservación y evolución depende de los factores ambientales que la hacen posible. Cada especie presenta requerimientos ambientales específicos sin los cuales no le es posible sobrevivir. Aunque los cambios orográficos y oceanográficos, altitudinales y latitudinales permiten definir unidades de paisaje con bastante aproximación, la componente específica de las especies presentes es la que finalmente permite identificar áreas relativamente homogéneas en cuanto a las características que presenta u ofrece para las poblaciones biológicas.

Estas unidades de $\rightarrow$ biosfera, pueden ser identificadas como unidades de biodiversidad según diferentes criterios de valoración: por ejmplo, el número de endemismos, riqueza específica, ecosistémica o filogenética. Aunque es común argumentar que tal o cual país presenta determinados índices de biodiversidad, las unidades espaciales de la diversidad biológica son por definición independientes de los límites o barreras geopolíticas.

Dos de las unidades espaciales vigentes de la biosfera, donde el factor de la biodiversidad precede en importancia, son las ecoregiones de Global 200^[10] identificadas por la WWF y los "puntos calientes de biodiversidad"^[11] de CI.

Global 200 identifica las ecoregiones más importantes del planeta, tanto marinas como continentales -cuerpos de agua dulce y terrestres- de acuerdo a la riqueza específica, el número de endemismos y los estados de conservación.^[12]

El término "*punto caliente de biodiversidad*" fue acuñado por el Dr. Norman Myers en 1998 e identifica regiones biogeográficas terrestres importantes según el número de endemismos y el grado de amenaza sobre la biodiversidad.^[13]

Amenazas

Durante el siglo XX se ha venido observando la erosión cada vez más acelerada de la biodiversidad. Las estimaciones sobre las proporciones de la extinción son variadas, entre muy pocas y hasta 200 especies extinguidas por día, pero todos los científicos reconocen que la proporción de pérdida de especies es mayor que en cualquier época de la historia humana.

En el reino vegetal se estima que se encuentran amenazadas aproximadamente un 12,5 % de las especies conocidas. Todos están de acuerdo en que las pérdidas se deben a la actividad humana, incluyendo la destrucción directa de plantas y su hábitat.

Existe también una creciente preocupación por la introducción humana de especies exóticas en hábitats determinados, alterando la cadena trófica.

Actividades humanas dirigidas al desarrollo que pueden afectar la biodiversidad

Algunos ejemplos de actividades de desarrollo que pueden tener las más significativas consecuencias negativas para la diversidad biológica son:

- Proyectos agrícolas y ganaderos que impliquen el desmonte de tierras, la eliminación de tierras húmedas, la inundación para reservorios para riego, el desplazamiento de la vida silvestre mediante cercos o ganado doméstico, el uso intensivo de pesticidas, la introducción del monocultivo de productos comerciales en lugares que antes dependieron de un gran surtido de cultivos locales para la agricultura de subsistencia.
- Proyectos de piscicultura que comprendan la conversión, para la acuicultura o maricultura, de importantes sitios naturales de reproducción o crianza, la pesca excesiva, la introducción de especies exóticas en ecosistemas acuáticos naturales.
- Proyectos forestales que incluyan la construcción de caminos de acceso, explotación forestal intensiva, establecimiento de industrias para productos forestales que generan más desarrollo cerca del sitio del proyecto.
- Proyectos de transporte que abarquen la construcción de caminos principales, puentes, caminos rurales, ferrocarriles o canales, los cuales podrían facilitar el acceso a áreas naturales y a la población de las mismas.
- Canalización de los ríos.
- Actividades de dragado y relleno en tierras húmedas costeras o del interior.
- Proyectos hidroeléctricos que impliquen grandes desviaciones del agua, inundaciones u otras importantes transformaciones de áreas naturales acuáticas o terrestres, produciendo la reducción o modificación del hábitat y el consecuente traslado necesario hacia nuevas áreas y la probable violación de la capacidad de mantenimiento.
- Riego y otros proyectos de agua potable que puedan vaciar el agua, drenar los hábitats en tierras húmedas o eliminar fuentes vitales de agua.
- Proyectos industriales que produzcan la contaminación del aire, agua o suelo.
- Pérdida en gran escala del hábitat, debido a la minería y exploración mineral.
- Conversión de los recursos biológicos para combustibles o alimentos a escala industrial.

Aspectos socioculturales

A los anteriores puede añadirse con sentido la **biodiversidad cultural**. Los trabajos sobre biodiversidad biológica están incorporando el estudio el fomento y la protección de la biodiversidad cultural, además de la biodiversidad específica, de ecosistemas y de la genética.

Eugenio Reyes Naranjo^[14] define la Biodiversidad Cultural como **diversidad de saberes** que los seres humanos han desarrollado a través de la historia en su relación con la biodiversidad

Esto incluye creencias, mitos, sueños leyendas, lenguaje, conocimientos científicos, actitudes psicológicas en el sentido más amplio posible, manejos aprovechamientos, disfrute y comprensión de entorno natural.

Se trata de comprender la evolución biológica teniendo en cuenta todos los aspectos de la intervención humana.

Bibliografía

- Fermín Martín Piera (1997). «Apuntes sobre Biodiversidad y Conservación de Insectos: Dilemas, Ficciones y ¿Soluciones?» *Sociedad Entomológica Aragonesa, SEA*. Vol. nº 20, Monográfico *Los Artrópodos y el Hombre*. pp. 25-55. [15].
- Constanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R.; Farber, S.; de Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neil, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P.; van der Belt, M. (1997). «The value of the world's ecosystem services and natural capital» *Nature*. Vol. 387. pp. 253-260.
- Whittaker, R.H. (1972). «Evolution and measurement of species diversity» *Taxón*. Vol. 21. pp. 213–251.
- Benton, M. J.. (2001). «Biodiversity on land and in the sea.» *Geological Journal*. Vol. 36. nº 3-4. pp. 211-230.

- Debinski, D. M.; Ray, C.; Saveraid, E. H. (2001). «Species diversity and the scale of the landscape mosaic: do scales of movement and patch size affect diversity?». *Biological Conservation*. Vol. 98. pp. 179-190.

Véase también

- País megadiverso
- Diversidad ecológica
- Extinción
- Ecotono
- Germoplasma
- Centro de origen

Enlaces externos

- Fundación Biodiversidad ^[16]
- Biodiversidad en América Latina ^[17]
- Resumen en español del Biodiversity Synthesis Report ^[18], realizado por GreenFacts.
- ActionBioscience.org ^[19] *asuntos críticos de la biodiversidad*
- Desarrollo rural y conservación de la biodiversidad ^[20].
- Vidas en peligro ^[21] Reportajes y análisis sobre biodiversidad por Inter Press Service

Referencias

- [1] Según el *Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica*
- [2] Diccionario de lengua española, RAE, XXII Ed. Disponible en rae.es (<http://www.rae.es>)
- [3] Martín Piera, F., 1991. Sistemática, biodiversidad y conservación del medio natural. Jornadas sobre el Medio Natural Albacetense, 1: 409-413
- [4] T.E. Lovejoy, *Conservation Biology : An evolutionary-ecological perspective*(1980) (M. E. SOULÉ et B. A. WILSON, dir.), Sinauer Associates (Sunderland)
- [5] (http://www.medioambiente.cu/planeta_Tierra/download/tierrayvida.pdf) Colectivo de autores Texto traducido y sintetizado a partir de *Earth and Life – origins of biodiversity Año del Planeta Tierra: Ciencias de la Tierra para la sociedad*. pag 1
- [6] J. Alroy, C.R. *et al.* 2001. Effect of sampling standardization on estimates of Phanerozoic marine diversification. *Proceedings of the National Academy of Science, USA* 98: 6261-6266
- [7] Constanza y otros, 1997
- [8] Ya que garantizan la fertilidad de la tierra, la polinización natural de varias especies domesticas, el control eficaz de plagas, etc
- [9] SIG: Sistemas de información geográfico
- [10] WWF - About Global Ecoregions (http://www.panda.org/about_wwf/where_we_work/ecoregions/about/index.cfm)
- [11] Biodiversity hotspots (<http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/>)
- [12] (http://www.panda.org/about_wwf/where_we_work/ecoregions/ecoregion_list/index.cfm).
- [13] Biodiversity Hotspots - Hotspots by Region (http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/hotspots_by_region/)
- [14] Banco de saberes de biodiversidad de la Biorregión Macaronésica, Jardín Botánico Canario "Viera y Clavijo"
- [15] <http://entomologia.rediris.es/aracnet/num2/biodiv/#1>
- [16] <http://www.fundacion-biodiversidad.es>
- [17] <http://www.biodiversidadla.org>
- [18] <http://www.greenfacts.org/es/biodiversidad/index.htm>
- [19] <http://www.actionbioscience.org/spanishdirectory.html>
- [20] <http://www.readerasturias.org/modules.php?name=News&file=article&sid=4033/>
- [21] http://www.ipsnoticias.net/_focus/biodiversidad/index.asp

Paleoclimatología

La **Paleoclimatología** tiene por objeto el estudio de las características climáticas de la → Tierra a lo largo de su historia y puede incluirse como una parte de la Paleogeografía, de la misma forma que la Climatología es una parte de la Geografía física. Estudia las grandes variaciones climáticas, sus causas y da una descripción lo más precisa posible de las características del clima para un momento determinado de la Historia de la Tierra. La variación a escala geológica de los factores que determinan el clima actual, como la energía de la radiación solar, situación astronómica y movimientos planetarios, relieve y distribución de continentes y océanos y la composición y dinámica de la → atmósfera constituyen los factores más utilizados en la deducción y explicación de los paleoclimas.

Fuentes de información

Indicadores climáticos

Fenómenos geológicos que dependen del clima, deducidos en parte de las condiciones climáticas actuales en la distribución de fauna y flora, mecanismos de formación de sedimentos, relieves fósiles, etc., y son las observaciones normales de mayor valor. Entre los indicadores climáticos paleontológicos tenemos la existencia de fósiles con una estrecha relación sistemática con especies actuales de distribución climática. La flora fósil es una de las más usadas en el Terciario y Cuaternario. Los fósiles con caracteres ecológicos o fisiológicos particulares de significado climático son también muy importantes, como la presencia de arrecifes, hojas de punta acanalada, etc.

Indicadores de clima cálido son la flora de carácter tropical, el gran tamaño de los vertebrados, el desarrollo amplio de calizas y organismos marinos y los arrecifes coralinos. Indicadores de clima frío son la flora de coníferas, la fauna de vertebrados típicos, como el mamut, invertebrados de ambientes fríos como el lamelibranquio *Yoldia*, etc. Los indicadores litológicos más importantes son las morrenas y depósitos glaciares para climas fríos; los depósitos de bauxitas, caolines, minerales de hierro y manganeso, y cortezas de alteración para climas húmedos; depósitos de sales, series rojas, sedimentos desérticos para climas áridos. Las evaporitas permiten una gran precisión en las determinaciones de temperatura a partir de datos químicos. Los fenómenos de sedimentación con estructuras particulares como huellas de gotas de lluvia, dunas, distribución de loess, régimen de paleocorrientes, etc., tienen interés paleoclimático.

Reconstrucción de paleoclimas

La Paleoclimatología emplea multiplicidad de técnicas para deducir paleoclimas.

Hielo

Glaciares de montaña, campos de hielo/capas de hielo polares, son fuentes principales de datos en paleoclimatología. Los recientes proyectos de perfilado de muestras de hielo en los campos de hielo de Groenlandia y en Antártida están proveyendo de riquísima información de los últimos centenares de miles de años atrás -- 800 milenios en el caso del "Proyecto EPICA.

- Dentro de esas capas se halla paleopolen, dando oportunidad a estimar la vegetación total para tal año de conteo de polen. Y el espesor de esa capa ayuda a estimar monto de precipitaciones de ese año. Ciertas capas contienen ceniza volcánica de erupciones.
- Aire atrapado dentro de la nieve caída, en burbujas, y comprimido a medida que las capas superiores de nieve aumenta. Ese aire atrapado, ha probado ser una tremenda fuente valiosa por mediciones directas de su composición en el tiempo en que el hielo se formó y depositó.
- Debido a insignificantes tasas de evaporación de las moléculas de agua, porque la presencia o no de isótopos ligeramente más pesados de hidrógeno y de oxígeno son también ligeramente diferentes durante periodos más cálidos o más fríos, los cambios en las temperaturas promedios de las superficie oceánica se reflejan en

ligerísimas diferencias en sus relaciones entre esos isótopos. Varios ciclos en esas relaciones entre isótopos han sido detectadas.

Dendroclimatología

Esta ciencia retrotrae información climática de los anillos de árboles. Los anillos de los árboles vivos de mucha edad dan datos de los últimos siglos hasta pocos milenios. La madera intacta de árboles muertos, escapados de su destrucción, extienden el tiempo cubierto para identificar patrones de clima. Los anillos de árboles petrificados dan valiosas estimaciones de paleoclimas, sobre una línea del tiempo mucho más extensa. A su vez, el fósil por sí es datado con datación radiométrica dentro de un margen amplio de error. Y los anillos dan bastante información de lluvias y temperaturas durante tal época geológica.

En una más extensa escala cronológica, el geólogo debe referenciarse a registros sedimentarios para fijar datos.

Contenido sedimentario

- Sedimentos, a veces en vías de solidificarse para formar roca, pueden contener remanentes de bioma preservado: flora, fauna, plankton, polen, que pueden dar las características de ciertas zonas climáticas
- Moléculas biomarcadoras, como las alquenonas pueden dar información acerca de su temperatura de formación
- Firmas químicas, particularmente "relación Mg/Ca" de la calcita en pruebas de Foraminíferos, pueden usarse para reconstruir temperaturas arcaicas
- Relaciones isotópicas pueden proveer más información. Específicamente, los registros de $\delta^{18}\text{O}$ responden a cambios en temperatura y volumen de hielo, y los registros de $\delta^{13}\text{C}$ reflejan un rango de factores, que con frecuencia son difíciles de desentrañar.

Facies sedimentarias

en una escala temporal más grande, el registro geológico en roca puede mostrar signos de nivel del mar con ascensos y descensos; más aún, temas como la identificación de dunas "fosilizadas" se usan para ampliar las interpretaciones climáticas. Los científicos pueden asir climas de muy largo periodo con el estudio sedimentario de rocas yacentes hace miles de millones de años. La división de la historia terráquea en periodos separados se basa fundamentalmente en cambios visibles en las capas de rocas sedimentarias que demarcan los cambios mayores. Y frecuentemente ellos incluyen datos de clima.

Corales

los "anillos" coralinos son similares a los de los árboles, excepto que responden a diferentes condiciones ambientales, tales como temperatura del agua y acciones de corrientes. Para esta fuente, se usa cierto equipamiento para hacer derivaciones de la T° superficial del mar y su salinidad en los últimos siglos. Los registros de $\delta^{18}\text{O}$ de las algas rojas coralinas dan una aproximación útil sobre la T° superficial del agua en latitudes altas, donde muchas de las tradicionales técnica están limitadas.^[1]

Limitaciones

Todos los registros decrecen su utilidad cuanto más se retrocede en el tiempo. Encima no existe hielo por debajo de 1 millón de años, y a su vez coleccionar muestras e interpretarlas por encima de 800.000 años es dificultosa. Los registros marinos en grandes profundidades, que son la fuente primordial de muchos datos isotópicos, solo existen en las plataformas oceánicas, y que hasta eventualmente pueden ser sepultadas - y solo llegan hasta 140 millones de años. Cualquier sedimento con más edad suele estar corrompido por diagénesis. Consecuentemente, la resolución y confianza matemática en los datos decrece con el tiempo.

Consideraciones paleogeográficas y matemáticas

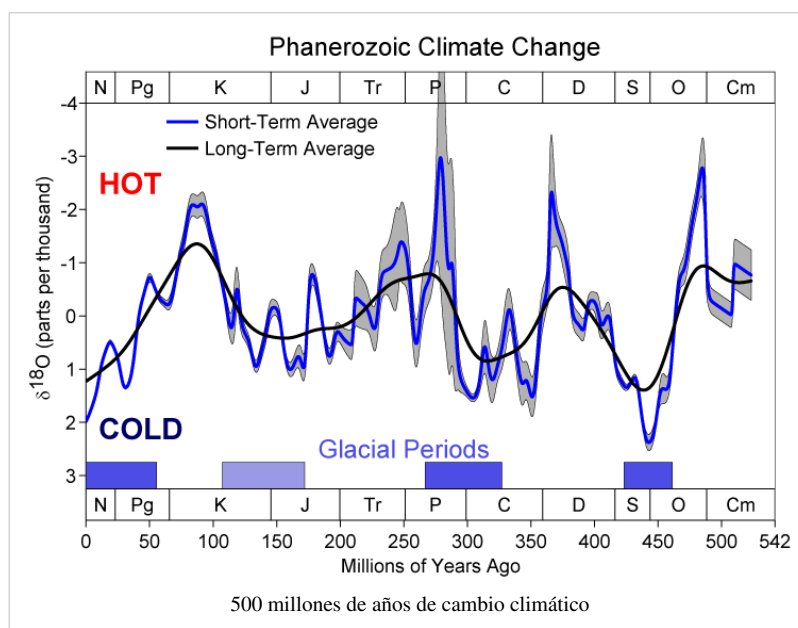
Como la interpretación de paleorrelieves glaciares, desérticos, fluviales; análisis de paleocorrientes marinas y distribución de tierras y mares.

Interpretación de medidas físicas

El paleomagnetismo aporta datos del mayor interés. Por un lado, permite conocer la paleolatitud de un punto, así como un control de la latitud de los indicadores climáticos. En los últimos años las determinaciones isotópicas de oxígeno en caparzones carbonatados de fósiles ha permitido medir la temperatura ambiental en que se han desarrollado estos organismos y dar gran precisión a las interpretaciones paleoclimáticas.

Ciclos climáticos

Las observaciones geológicas que permiten registrar variaciones climáticas de larga duración se basan en el análisis de los anillos de crecimiento de los vegetales, marcas de crecimiento en partes duras de invertebrados y sedimentación de carácter estacional. Se pueden identificar así ciclos climáticos estacionales, anuales y de varios años entre los que destacan ciclos de 11 años, debidos a las manchas solares; de 40.000 años, debido a la inclinación del eje terrestre, de 92.000 años, interpretado por la variación en la excentricidad de la órbita terrestre y otros cuyo origen no ha sido bien establecido.



La historia climática de la Tierra muestra una sucesión de periodos fríos y cálidos en los últimos mil millones de años. Tres grandes periodos de glaciaciones son indudables, en el Precámbrico, carbonífero-permiano y Cuaternario. Si se añade la glaciación del silúrico encontramos un ritmo de 150 a 200 millones de años, sugiriéndose una relación con el año galáctico. Estas glaciaciones marcan las etapas climáticas más importantes de la Tierra.

Véase también

- Dendroclimatología
- Paleotermómetro

Referencias

- [1] «Registradores de alta resolución de climas en las algas coralinas rojas» *Geology*. Vol. 36. pp. 463. DOI 10.1130/G24635A.1 (<http://dx.doi.org/10.1130/G24635A.1>).
- Nairn, A. E. M. 1961. *Descriptive Palaeoclimatology*, Nueva York
 - Nairn, A. E. M. 1963. *Problems in Palaeoclimatology*, Nueva York
 - Bradley, Raymond S. 1985. *Quaternary paleoclimatology : methods of paleoclimatic reconstruction* (Boston: Allen & Unwin) ISBN 0-04-551067-9, ISBN 0-04-551068-7
 - Imbrie, John. 1986. *Ice ages : solving the mystery*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1986, c1979

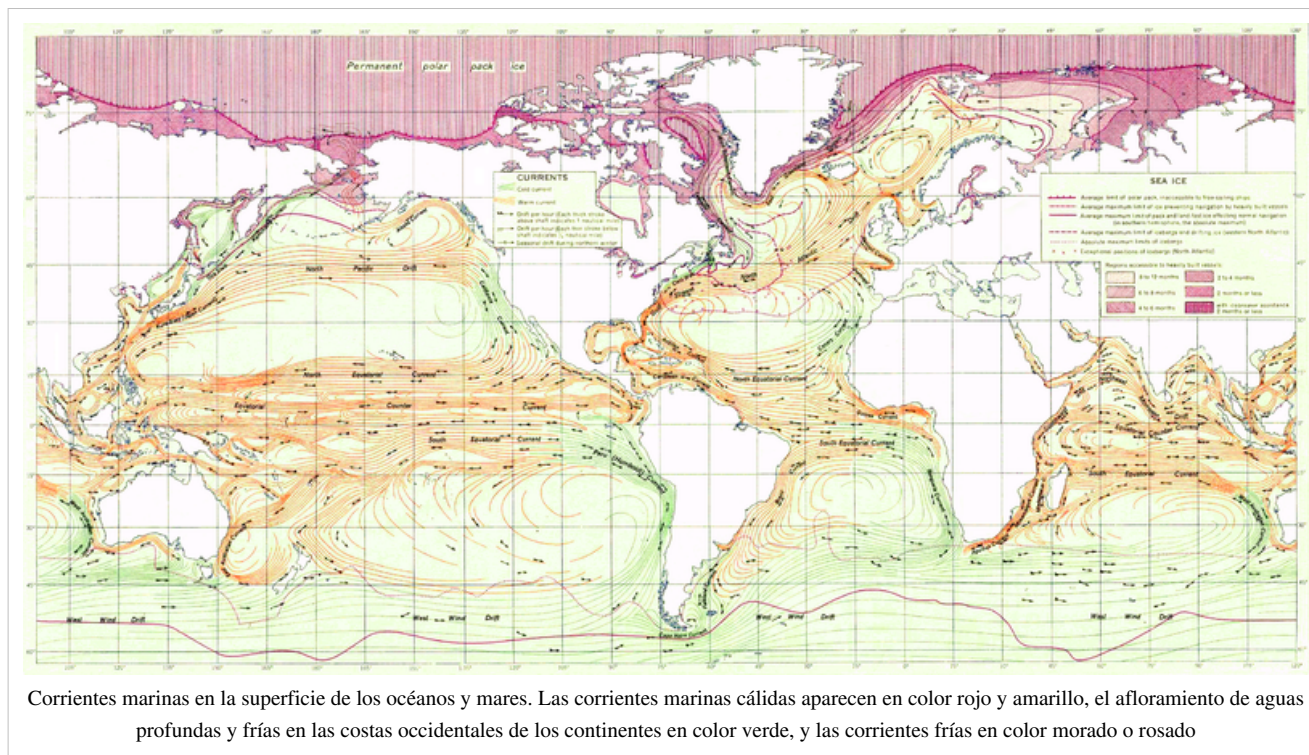
Enlaces externos

- Paleoclimatología (http://www.canalsocial.net/GER/ficha_GER.asp?id=4355&cat=ciencia)
- Breve introducción a la Historia climática (http://muller.lbl.gov/pages/IceAgeBook/history_of_climate.html)
- NOAA Paleoclimatology (<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/primer.html>)
- AGU Paleoclimatology and climate system dynamics (<http://www.agu.org/revgeophys/overpe00/overpe00.html>)
- Paleoclimatología en el siglo XXI (http://www.nhm.ac.uk/hosted_sites/paleonet/paleo21/pclimate.html)
- Cambio climático y Paleoclimatología (<http://www.earth-pages.com/archive/climate.asp>)

*El contenido de este artículo incorpora material de la Gran Enciclopedia Rialp (<http://www.canalsocial.net/GER/busquedaav.asp>) que mediante una **autorización** permitió agregar contenidos y publicarlos bajo licencia GFDL. La autorización fue revocada en abril de 2008, así que no se debe añadir más contenido de esta enciclopedia.*

Corriente marina

Una **corriente oceánica** o **marina** es un movimiento de translación, continuado y permanente de una masa de agua determinada de los océanos y en menor grado, de los mares más extensos. Estas corrientes tienen multitud de causas, principalmente, el movimiento de rotación terrestre (que actúa de manera distinta y hasta opuesta en el fondo del océano y en la superficie) y por los vientos constantes o planetarios, así como la configuración de las costas y la ubicación de los continentes.



Corrientes marinas en la superficie de los océanos y mares. Las corrientes marinas cálidas aparecen en color rojo y amarillo, el afloramiento de aguas profundas y frías en las costas occidentales de los continentes en color verde, y las corrientes frías en color morado o rosado

Origen

Desde hace unas cuantas décadas se sabe que la estructura de las corrientes marinas a escala global es tridimensional, con movimientos horizontales en la superficie, en los que el viento y la inercia producida por la rotación terrestre juegan un importante papel y con movimientos verticales, en los que la configuración del relieve submarino y de las costas modifican los efectos de la rotación de la Tierra creando una fuerza centrífuga que tiende a "abultar" el nivel oceánico a lo largo de la circunferencia ecuatorial. Se trata de la corriente ecuatorial que se dirige, por inercia, en sentido contrario a la rotación terrestre. En el fondo submarino tanto del océano Atlántico como del Pacífico, el agua acompaña a la litosfera en el movimiento de rotación terrestre y ello se debe a la enorme presión que soportan esas aguas abisales. Pero al llegar a las costas occidentales de los continentes, el talud continental, que constituye un plano inclinado, actúa como una especie de "ascensor" para esas aguas profundas haciéndolas subir y creando lo que se denomina surgencia de aguas frías, lo que viene a ocasionar una corriente, esta vez superficial, en sentido contrario al que tenían las aguas profundas, es decir, de este a oeste.

De esta manera se originan en las costas occidentales de los continentes corrientes de aguas sumamente frías ya que emergen de gran profundidad: recordemos que la temperatura de las aguas profundas del océano se encuentran a temperaturas menores a los 4° C, ya que a estas temperaturas tienen mayor densidad.

En resumen, los patrones de circulación de las aguas oceánicas se originan por una compleja síntesis de fuerzas que actúan de forma diversa y variable en el tiempo y en el espacio, siendo las más importantes de estas fuerzas: el movimiento de rotación terrestre, la configuración del fondo submarino, la forma de las costas y su influencia en la

dirección de las corrientes, la desigual absorción y transporte de calor por la radiación solar absorbida por las aguas marinas, la influencia mutua entre las corrientes marinas y los vientos, la desviación de las corrientes debido al efecto de Coriolis (que, a su vez, también se debe a los efectos de la rotación terrestre), etc.

La rotación terrestre y las corrientes oceánicas

Los efectos de la rotación de la Tierra son visibles en la dirección de las corrientes oceánicas, en los patrones de los vientos especialmente, de los planetarios, en la dinámica fluvial y en el surgimiento de aguas frías de las profundidades submarinas en las costas occidentales de los continentes, específicamente de la zona intertropical. También es la responsable del abultamiento ecuatorial de nuestro planeta y, por ende, del achatamiento polar, aunque probablemente, este abultamiento ecuatorial se produjo en períodos de la historia geológica de nuestro planeta en los que su temperatura era mayor, por lo que tenía una especie de consistencia mucho más plástica y fácil de deformar.

Idea general

El **efecto Coriolis**, descrito en 1835 por el científico francés Gaspard-Gustave Coriolis, es la aceleración relativa que sufre un objeto que se mueve dentro de un sistema de referencia no inercial en rotación cuando varía su distancia respecto al eje de giro. El efecto Coriolis hace que el objeto que se mueve sobre el radio de un disco en rotación tienda a acelerarse o a frenarse con respecto a ese disco según si el movimiento es hacia el eje de giro o alejándose de éste, respectivamente. Por el mismo principio, en el caso de una esfera en rotación, los movimientos de un objeto sobre los meridianos resultan afectados por esta fuerza ficticia, ya que dichos movimientos reducen o hacen crecer la distancia respecto al eje de giro.

Como el objeto se acelera (en relación con el marco de referencia no inercial) sin que se le aplique ninguna fuerza, a veces el efecto Coriolis se denomina fuerza de Coriolis, y en ese caso se aclara que se trata de una fuerza ficticia.

La magnitud física subyacente al efecto Coriolis es la inercia del cuerpo -denominada conservación del momento angular, en el caso de cuerpos girando alrededor de un eje-, que hace que la aceleración que tiene el marco de referencia (el giro implica una aceleración puesto que el vector velocidad varía de forma continua), al no ser aplicada al cuerpo, produzca la apariencia de que éste se está acelerando absolutamente.

En términos más rigurosos, se denomina fuerza de Coriolis a la fuerza que hay que ejercer sobre un cuerpo para que no modifique su velocidad angular cuando varía su distancia respecto al eje, es decir, la fuerza que hay que ejercer para que el efecto Coriolis no se manifieste. Esto es análogo al caso de la fuerza necesaria para que un cuerpo con una distancia fija respecto al eje la mantenga, fuerza que se denomina fuerza centrípeta y cuya ausencia produce la apariencia de fuerza (o fuerza ficticia), llamada fuerza centrífuga.

Un ejemplo canónico de efecto Coriolis es el experimento imaginario en el que disparamos un obús desde el Ecuador en dirección norte. El cañón está girando con la tierra hacia el este y, por tanto, imprime al obús esa velocidad (además de la velocidad hacia adelante de la carga de impulsión). Al viajar el obús hacia el norte, sobrevuela puntos de la tierra cuya velocidad lineal hacia el este va disminuyendo con la latitud creciente. La inercia del obús hacia el este hace que su velocidad angular aumente y que, por tanto, adelante a los puntos que sobrevuela. Si el vuelo es suficientemente largo (ver cálculos al final del artículo sobre el efecto de Coriolis), el obús caerá en un meridiano situado al este de aquél desde el cual se disparó, a pesar de que la dirección del disparo fue exactamente hacia el norte. Análogamente, una masa de aire que se desplace hacia el este sobre el ecuador aumentará su velocidad de giro con respecto al suelo en caso de que su latitud disminuya. Finalmente, el efecto Coriolis, al actuar sobre masas de aire (o agua) en latitudes intermedias, induce un giro al desviar hacia el este o hacia el oeste las partes de esa masa que ganen o pierdan latitud de forma parecida a como gira la bolita del ejemplo (de nuevo en el ejemplo mostrado en el artículo sobre el efecto de Coriolis).

La configuración del relieve submarino

Existen muchos tipos de relieve submarino:

- fosas oceánicas
- dorsales oceánicas
- llanuras abisales
- cordilleras submarinas

Tipos de corrientes oceánicas

Según su temperatura

Una clasificación sugerida de estos movimientos proviene de la temperatura de las masas de agua que se desplazan en cada uno de dichos movimientos:

- **Cálida:** flujo de las aguas superficiales de los océanos que tiene su origen en la Zona Intertropical y se dirige, a partir de las costas orientales de los continentes hacia las latitudes medias y altas en dirección contraria a la rotación terrestre, como por ejemplo la Corriente del Golfo o la de la Kuroshio o Corriente del Japón.
- **Fría:** flujo de aguas frías que se mueven como consecuencia del movimiento de rotación terrestre, es decir de este a oeste, a partir de las costas occidentales de los continentes por el ascenso de aguas frías de grandes profundidades en la zona intertropical y subtropical. Ejemplos de corrientes frías: la de Canarias, la de Benguela, la de Humboldt o del Perú, y la de California, todas ellas en las costas occidentales de los continentes de la zona intertropical y subtropical. Las corrientes de Oyashio (en el océano Pacífico y la de Groenlandia o corriente del Labrador, también se producen por el ascenso de aguas frías y podrían definirse como una compensación al efecto de las corrientes cálidas cuando alcanzan las altas latitudes en las costas occidentales de los continentes. Estas corrientes frías sólo se presentan en la zona ártica ya que la zona antártica es mucho más uniforme y solo tiene una corriente continua circumpolar en la que no existe un ascenso de aguas frías provocado por el relieve submarino.
- **Mixta:** algunas corrientes que surgen en las costas occidentales de los continentes en las zonas próximas a los trópicos se desplazan hacia el este como corrientes frías pero, en la medida en que se desplazan por los océanos más amplios, se van calentando superficialmente y se convierten en cálidas. Por ejemplo, las corrientes de Canarias y de Benguela, que son de aguas frías, se transforman en la corriente ecuatorial del norte y del sur (respectivamente) que son de aguas cálidas. Y lo mismo podemos decir de la de California y la del Perú en el Océano Pacífico.

Según sus características

Una segunda clasificación incluye el tipo de corriente a la cual se asocia el desplazamiento de masas de aguas en cualquier medio. Se asocia según el fenómeno que permite el movimiento.^[1]

- **Corrientes oceánicas**, pueden ser constantes, como en el caso de la Corriente del Golfo, o de períodos largos como las originadas por los monzones. Trasladan grandes masas de aguas, afectando la temperatura de la capa superior y repartiendo una enorme cantidad de calor en el sentido de los meridianos.
- **Corrientes de marea**, son corrientes periódicas y diurnas que son producidas por la atracción lunar.
- **Corrientes de oleaje**, son las que modifican en gran parte el litoral mediante las tempestades o huracanes que se asocian al movimiento de las masas de aire tanto de origen continental como marítimo.
- **Corrientes de turbidez:** casi siempre acompañan a otra corriente, ayudando a su nacimiento y expansión. Resultan más fáciles de identificar y explicar en los grandes ríos de la zona intertropical y en las costas, donde se presentan corrientes de deriva litoral que arrastran sedimentos (arenas y arcillas) que van modificando con sus depósitos la línea de la costa (barras y cordones litorales, restingas, etc. El Mar Amarillo, al noreste de China debe

su nombre al color de sus aguas producido por la gran cantidad de sedimentos (loess) acarreados por el río Amarillo (Hoang Ho) en un mar relativamente somero.

- **Corrientes de densidad**, es la presencia vertical de dos masas de agua con distinta densidad y se presentan en los lugares de contacto entre aguas de distinta temperatura: una fría a mayor profundidad (por su mayor densidad) y otra cálida en la superficie. Generalmente, se desplazan en sentido contrario, por ejemplo, en el estrecho de Gibraltar suelen presentarse muchas veces unas corrientes superficiales hacia el oeste, mientras que en el fondo penetra en el Mediterráneo una gran cantidad de agua procedente del Atlántico mucho mayor en proporción porque el Mar Mediterráneo es deficitario en volumen de agua (es mayor la evaporación que el caudal aportado por los ríos y las lluvias).

Según el nivel del mar

Otra clasificación sugerida es por el nivel en que se genera la corriente marina.

- **Corrientes de profundidad**, son corrientes generadas debajo de los 100 metros de profundidad, principalmente debido a la rotación terrestre, que da origen a la surgencia de aguas profundas, y por lo tanto frías, en las costas occidentales de los continentes en las latitudes intertropicales.
- **Corrientes de superficie**, son las corrientes que se ven afectadas por los vientos predominantes, que les transmiten gran cantidad de energía y por la acción giratoria de la Tierra, generando corrientes circulares o en forma de espiral.

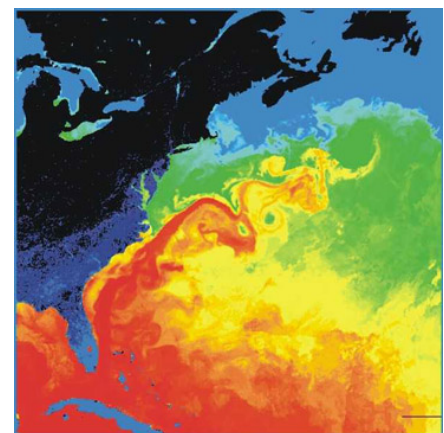
Estas corrientes influyen mucho en el clima regulando las temperaturas de las regiones por donde pasan. A su vez, estas corrientes dependen de la dirección de los vientos ^[2]

Causas físicas

Entre los mecanismos hidrológicos y oceanográficos que explican la producción de las corrientes oceánicas podemos citar los tres más importantes: el movimiento de rotación terrestre, los vientos planetarios y la surgencia de aguas frías de las profundidades en las costas occidentales de los continentes en la Zona Intertropical y en las latitudes subtropicales. Esta surgencia de aguas frías que se produce en las costas occidentales de los continentes en las latitudes tropicales se debe al movimiento de rotación terrestre, el cual tiene dos consecuencias importantes: una sobre los vientos, el efecto de Coriolis, que desvía hacia el Este a los vientos alisios y otra sobre las propias corrientes marinas, que las desvía de manera similar también hacia el este.

Consecuencias

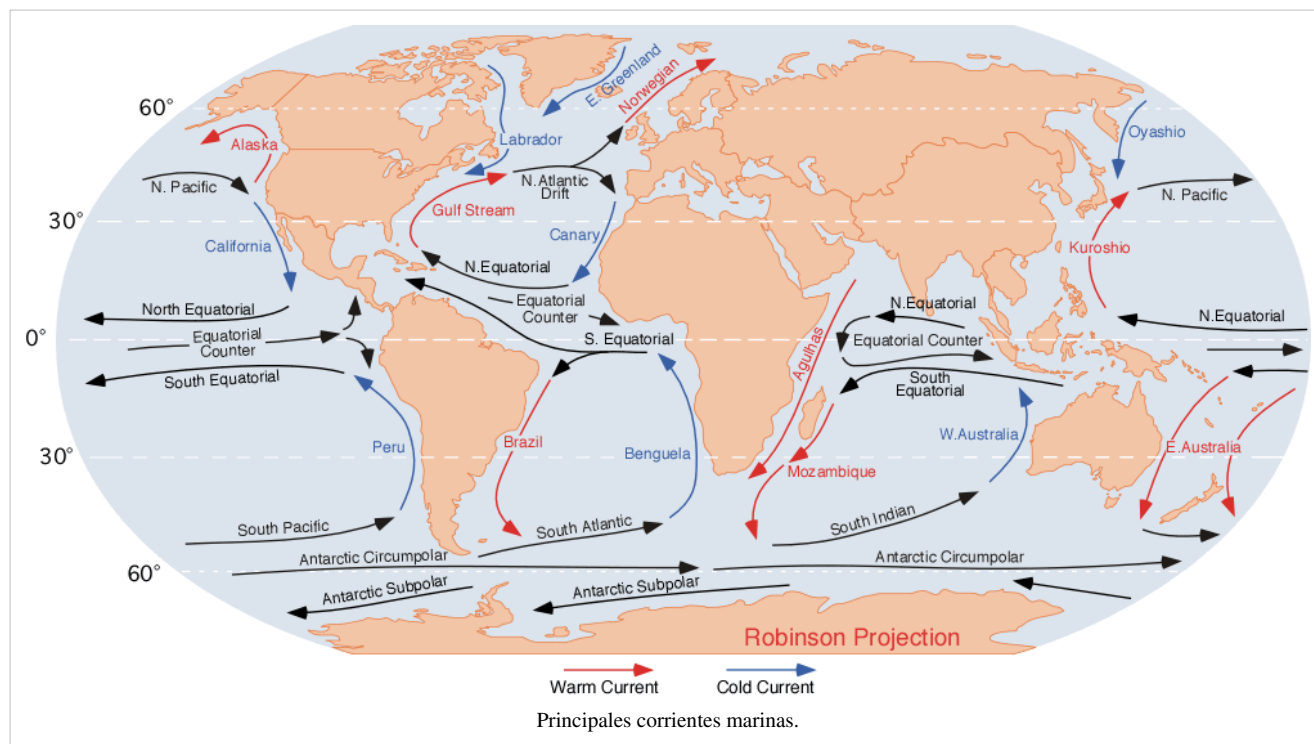
Clima seco en las costas occidentales de la zona intertropical o subtropical que están bañadas por corrientes frías y clima más cálido y húmedo en las costas occidentales de los continentes en las latitudes medias y altas, debido a la enorme cantidad de energía que transportan desde la zona intertropical. A grandes rasgos, las direcciones de las corrientes oceánicas coinciden con las de los vientos planetarios por los mismos motivos que estos.



Muestra en colores de la proyección de la Corriente del Golfo, como indica su color es una corriente de aguas cálidas.

Principales corrientes

Categoría principal: Corrientes oceánicas



Océano Ártico

- Corriente de Groenlandia Oriental
- Corriente de Noruega

Océano Atlántico

- Corriente de Benguela
- Corriente de las Antillas
- Corriente de Bengala
- Corriente del Brasil
- Corriente de las Canarias
- Corriente de Cabo de Hornos
- Corriente del Caribe
- Corriente de Groenlandia Oriental
- Corriente de las Malvinas
- Corriente del Golfo
- Corriente de Guinea
- Corriente de Labrador
- Corriente del Atlántico Norte
- Corriente del norte de Brasil
- Corriente ecuatorial del norte
- Corriente de Noruega
- Corriente de Portugal
- Corriente del Atlántico Sur
- Corriente ecuatorial del sur

- Corriente de Spitzbergen
- Corriente de Groenlandia Occidental
- Corriente de Madagascar

Océano Pacífico

- Corriente de Alaska
- Corriente de las Aleutianas
- Corriente de California
- Corriente de Cromwell
- Corriente de Australia Oriental
- Corriente de Humboldt
- Corriente de Kamchatka
- Corriente de Kuroshio (o Corriente de Japón)
- Corriente de Mindanao
- Corriente ecuatorial del norte
- Corriente del Pacífico Norte
- Corriente de Oyashio
- Corriente ecuatorial del sur
- Corriente del Niño

Océano Índico

- Corriente de Agulhas
- Corriente del este de Madagascar
- Corriente de Leeuwin
- Corriente de Madagascar
- Corriente de Mozambique
- Corriente de Somalia
- Corriente ecuatorial del sur
- Corriente del monzón
- Corriente de Australia Occidental

Océano Antártico

- Corriente Circumpolar Antártica
- Giro Weddell
- Corriente Antártica
- Corriente del Traser y Princess

Referencias básicas

[1] Navegación: Mar: Corrientes, MAR (<http://www.mgar.net/mar/corrient.htm>)

[2] Corrientes Marinas de Superficie (<http://www.practiciencia.com.ar/ctierrayesp/tierra/superficie/hidrosfera/marinas/corrientes/superficie/index.html>)

- Los Mares, Corrientes Marinas; Escolar.com (<http://www.escolar.com/avanzado/geografia019.htm>)
-

Enlaces externos

Commons

- Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Corrientes marinas**.
- Consultar este término en Wikisource
- NOAA Ocean Surface Current Analyses - Realtime (OSCAR) (<http://www.pmel.noaa.gov/tao/jsdisplay/>) Datos en tiempo real del estado de las corrientes marinas. (en inglés)
- RSMAS Ocean Surface Currents (<http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/>) (en inglés)
- Coastal Ocean Current Monitoring Program (<http://www.cocmp.org/>) (en inglés)

Demografía



Este artículo o sección necesita **referencias** que aparezcan en una **publicación acreditada**, como revistas especializadas, monografías, prensa diaria o páginas de Internet fidedignas.

Puedes añadirlas así o avisar al autor principal del artículo ^[1] en su página de discusión pegando: {{subst:Aviso referencias|Demografía}} ~~~~

La **demografía** (del griego δῆμος *dēmos* 'pueblo' y γραφία *grafía* 'trazo, descripción') es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su dimensión, estructura, evolución y características generales, considerados desde un punto de vista cuantitativo. Por tanto la demografía estudia estadísticamente la estructura y la dinámica de las poblaciones humanas y las leyes que rigen estos fenómenos.



Gráfico de la población mundial.

Historia de la demografía

Ibn Jaldún es el padre de la demografía, ya que fue el primero en considerar los datos estadísticos en sus estudios. Pero en 1798 Thomas Robert Malthus, considerado el padre de la demografía moderna, publicó su obra llamada "*Ensayo sobre el principio de la población*", en la que advertía de la tendencia constante del crecimiento de la población humana superior al de la producción de alimentos, e informó de los distintos factores que influían sobre este crecimiento: la guerra, el hambre, la enfermedad y la anticoncepción.

Pero Malthus se equivocó. La ciencia ha conseguido que la producción de alimentos pueda crecer incluso a mayor velocidad que la población, especialmente en los países industrializados, y muchos de ellos se han convertido en exportadores de productos agrícolas (aunque la aceleración en la producción de alimentos ha traído consigo la aparición de los denominados alimentos transgénicos, lo cual podría afectar a la población). Pero el verdadero problema actual está, aunque parezca paradójico, en la superproducción de alimentos y no porque no existan necesidades de ellos, especialmente en los países pobres, sino porque quienes más los necesitan no los pueden adquirir.

No hay que olvidar que la posibilidad de estudiar la población nace con la estadística y, también, con la elaboración de censos regulares y universales. El intento de censar a la población para conocer su número, y recaudar impuestos, es muy antiguo; desde los romanos hasta la Edad Moderna hay noticias en este sentido. Pero las dificultades técnicas

para un recuento rápido no permitían la realización de tales estudios. A pesar de los avances del siglo XX, la misma situación se presenta en muchos países subdesarrollados o con conflictos políticos y militares.

El **estudio de la población antigua** se hace por medio de fuentes indirectas: series, diezmos, recuentos de fuegos o una supuesta **densidad demográfica óptima**, para poder vivir en un territorio, cuando las poblaciones estudiadas son muy antiguas. Y en la Edad Antigua surgió, con el desarrollo del Imperio Romano, la magistratura del censor, encargado de hacer los inventarios de población (censos) con fines tributarios en todo el territorio imperial.

El término **densidad demográfica** se refiere al número de individuos que habitan en una unidad de superficie o territorio, donde "territorio" puede representar un país, una provincia, un distrito, etc.

Es importante hacer una síntesis para poder saber correctamente el significado de demografía....

- Técnicas demográficas para el estudio de la población
 - Técnicas demográficas generalidades
 - Las fuentes para el estudio de la población
 - Los movimientos naturales de la población
 - La estructura de la población
 - Las tasas y tablas demográficas
 - La pirámide de población
 - Un comentario de una pirámide de población
 - Los tipos de pirámide de población
 - La evolución de la población mundial

Tipos de demografía

Los dos tipos o partes de la demografía están interrelacionados entre sí, y la separación es un tanto artificial, puesto que el objetivo de estudio es el mismo: las poblaciones humanas.

- **Demografía estática:** Es la parte de la demografía que estudia las poblaciones humanas en un momento de tiempo determinado desde un punto de vista de dimensión, territorio, estructura y características estructurales.
 1. La **dimensión** es el número de personas que residen normalmente en un territorio geográficamente bien delimitado.
 2. El **territorio** es el lugar de residencia de las personas que puede globalizarse o desagregarse como, por ejemplo, una nación, una región, una provincia, una ciudad, un municipio, etc.
 3. La **estructura** de una población es la clasificación de sus habitantes según variables de persona. Según las **Naciones Unidas** ^[2], estas variables son: edad, sexo, estado civil, lugar de nacimiento, nacionalidad, lengua hablada, nivel de instrucción, nivel económico y fecundidad.
- **Demografía dinámica:** Es la parte de la demografía que estudia las poblaciones humanas desde el punto de vista de la evolución en el transcurso del tiempo y los mecanismos por los que se modifica la dimensión, estructura y distribución geográfica de las poblaciones. Ejemplos de tales mecanismos son la natalidad, la nupcialidad, la familia, la fecundidad, el sexo, la edad, la educación, el divorcio, el envejecimiento, la mortalidad, la migración, el trabajo, la emigración y la inmigración.

Su expresión son las tablas demográficas, que son los datos estadísticos numéricos y gráficos. Los administradores utilizan el censo total (real (cada diez años) o muestreos (estimados) mensuales o anuales). Tienen que estar diseñados de forma que no sólo se puedan establecer estadísticas descriptivas, sino que también puedan realizarse *análisis demográficos cruzados*. Un ejemplo son: los sueldos anuales y las edades o la distribución por sueldos, por clases sociales, en la nación y en una comunidad, por viviendas y familias, etc. Tópicos generales o variables básicas son la riqueza, el poder y la movilidad social.

Los datos estadísticos sobre las poblaciones también son sometidos a análisis predictores o de futuro: interpolaciones, extrapolaciones, series de tiempo, curvas logísticas, patrones de crecimiento según tipo de sociedad,

patrones de disminución por desastres naturales o epidemias o guerras, etc.

Desde el siglo XIX se descubrió que la gráfica del crecimiento de las poblaciones sigue la forma de una S alargada, de crecimiento rápido o modelo exponencial, llega a un punto de inflexión y continúa con un crecimiento suave, y es un reflejo del paso de una sociedad agrícola a una sociedad industrial: la reducción en el número de nacimientos y el aumento en la población que se halla en la tercera edad.

Variación de edades y géneros

En la mayoría de países del planeta la población de las mujeres es mayor a la de los hombres, aunque en unos pocos países como Andorra, Albania, China, Costa Rica, Filipinas, India, la mayor parte de los países de Oriente Medio, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y entre otros, se estima con una población masculina mayoritaria.

Sin embargo, el caso de los países donde la mayoría son personas de sexo femenino, es porque se incluye la ancianidad en las estimaciones. Las personas de sexo femenino de la población de la tercera edad son mayoría en todo el mundo. Esto está de acuerdo con la ciencia que establece que la mujer disfruta de más longevidad que los hombres. No obstante, si dejamos esta etapa a un lado encontraremos que la población de niños, adolescentes y adulta muchas veces los varones son mayoría, por ejemplo en países como Alemania, Francia, Japón, Corea del Sur, Cuba, Bélgica, España, Italia, Reino Unido etc. En estos últimos años los niños y adolescentes en la población de sexo masculino superan a las personas de sexo femenino, pero en la población joven y adulta las personas de sexo femenino siguen siendo mayoría, por ejemplo en países como Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, El Salvador, Estados Unidos, Filipinas, Guatemala, Guinea Ecuatorial, Guinea Bissau, Perú, Portugal, Puerto Rico, Rusia, algunos países de los Balcanes y entre otros.

Además se estima que en algunos países como Bélgica, Canadá, Cuba, Francia, Israel, Japón, Puerto Rico algunos países árabes y entre otros, la población masculina podría igualar y superar a la población femenina, ya que en estos países existe un franco crecimiento.^[cita requerida].

Expresión de los datos demográficos

- Pirámide de población
- Tasa de natalidad
- Tasa de fertilidad
- Tasa de mortalidad
- Tasa de supervivencia
- Esperanza de vida
- Tasas de migración
- Tasa global de fecundidad
- Tasa de fecundidad general

Importancia de la demografía

- **En la salud pública:**

1. Elaboración de tasas y otros indicadores de salud
2. Estudios en epidemiología: En los estudios epidemiológicos se necesitan datos de la población y de su distribución según características de persona, lugar y tiempo.
3. Planificación de la salud pública
4. Planificación de producción alimentaria (alimentación humana)
5. Planes generales de desarrollo nacionales o regionales
6. Proyecciones de las poblaciones para cualquier propósito

Fuentes de la demografía

- Censos de población
- Encuestas
- Padrones
- Registro Civil en España
- En Argentina, el Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- En Chile, el Instituto Nacional de Estadísticas
- En Colombia, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- En España, el Instituto Nacional de Estadística.
- En México, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- En Paraguay, la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos.
- En Perú, el Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- En Uruguay, el Instituto Nacional de Estadística de Uruguay.
- En Venezuela, el Instituto Nacional de Estadística de Venezuela.

Véase también

- Demografía de África
 - Demografía de América
 - Demografía de Asia
 - Demografía de Europa
 - Demografía de Oceanía
 - Explosión demográfica
 - Superpoblación
 - Demografía en la Antigüedad
-

Enlaces externos

- Representación gráfica de la población mundial por continente y país. ^[3] En inglés.
- Un contador de la población del planeta actualizado segundo a segundo. ^[4] Permite comparar la población actual con la de otros años anteriores y con las previsiones para el futuro. En inglés.
- Portal de *Demographic Winter* (Invierno Demográfico) ^[5] (en inglés)

Referencias

- [1] <http://en.wikipedia.org/wiki/Demograf%C3%ADa>
- [2] <http://www.un.org/spanish/>
- [3] <http://www.hivegroup.com/world.html>
- [4] <http://www.ibiblio.org/lunarbin/worldpop>
- [5] <http://www.demographicwinter.com/index.html>

Tierra



Este artículo o sección necesita **referencias** que aparezcan en una **publicación acreditada**, como revistas especializadas, monografías, prensa diaria o páginas de Internet fidedignas.

Puedes añadirlas **así** o avisar al autor principal del artículo ^[1] en su página de discusión pegando: {{subst:Aviso referencias|Tierra}} ~~~~

Tierra ⊕



La famosa fotografía «Canica Azul» de la Tierra vista desde la nave Apollo 17.

Elementos orbitales	
Inclinación	0,000°
Semieje mayor	149.597.887,5 km Menor: 149.576.999,826 km
Excentricidad	0,01671
Periastro o Perihelio	0,983 ua
Apoastro o Afelio	1,01671 ua
Período orbital sideral	365,2564 días
Velocidad orbital media	30,2869 km/s
Radio orbital medio	0,999855 ua 149.597.870,691 km
Satélites	1
Características físicas	

Masa	5,9736× 10 ²⁴ kg
Volumen	1,083 207 × 10 ¹² km ³
Densidad	5,5153 g/cm ³
Área de superficie	510 065 284,702 km ²
Diámetro	Ecuatorial 12.756,8 km Polar 12.713,5 km Medio 12.742,00 km
Gravedad	9,78 m/s ²
Velocidad de escape	11,186 km/s
Periodo de rotación	23,9345h
Inclinación axial	23,45°
Albedo	31-32%
Características atmosféricas	
Presión	101.325 Pa
Temperatura	Mínima* 182 K Media 282 K Máxima 333 K (*temp. mín. referente a la temperatura sobre nubes)
→ Composición	Nitrógeno 78,08% v/v Oxígeno 20,95% v/v Argón 0,93% v/v CO ₂ 335 ppmv Neón 18,2 ppmv Hidrógeno 5 ppmv Helio 5,24 ppmv → Metano 1,72 ppmv Kriptón 1 ppmv Óxido nitroso 0,31 ppmv Xenón 0,08 ppmv CO 0,05 ppmv Ozono 0,03 – 0,02 ppmv (variable) CFCs 0,3 – 0,2 ppbv (variable) Vapor de Agua <4% (variable) No computable para el aire seco.

La **Tierra** es el tercer planeta del Sistema Solar (contando en orden de distancia de los ocho planetas al Sol), y el cuarto de ellos de menor a mayor. Está situada a unos 150 millones de kilómetros del Sol. Es el único planeta en el que hasta ahora se conoce la existencia de vida. La Tierra se formó al mismo tiempo que el Sol y el resto del Sistema Solar, hace unos 4570 millones de años. El volumen de la Tierra es más de un millón de veces menor que el Sol y la masa de la Tierra es nueve veces mayor que la de su satélite, la Luna. La temperatura media de la superficie terrestre es de unos 15 °C. En su origen, la Tierra pudo haber sido sólo un agregado de rocas incandescentes y gases.

A la forma de la Tierra (entendida como la altura media del mar o que adoptaría el mar en los continentes) se le denomina geoide. El geoide es una superficie similar a una esfera achatada por los polos (esferoide). Su diámetro es de unos 12.700 km. Al conjunto de disciplinas que estudian los procesos de diversas escalas temporal y espacial que gobiernan este planeta se le llama geociencias o ciencias de la Tierra.

Véase también: Formación y evolución del Sistema Solar

El 71% de la superficie de la Tierra está cubierta de agua. Es el único planeta del sistema solar donde el agua puede existir permanentemente en estado líquido en la superficie. El agua ha sido esencial para la vida y ha formado un sistema de circulación y erosión único en el Sistema Solar.

La Tierra es el único de los cuerpos del Sistema Solar que presenta una tectónica de placas activa: Marte y Venus quizás tuvieron una tectónica de placas en otros tiempos pero, en todo caso, se ha detenido. Esto, unido a la erosión y la actividad biológica, ha hecho que la superficie de la Tierra sea muy joven, eliminando por ejemplo, casi todos los restos de cráteres, que marcan muchas de las superficies del Sistema Solar.

La Tierra posee un único satélite natural, la Luna. El sistema Tierra-Luna es bastante singular, debido al gran tamaño relativo del satélite.

Uno de los aspectos particulares que presenta la Tierra es su capacidad de homeostasis que le permite recuperarse de cataclismos a mediano plazo.

Forma de la Tierra

Interpretaciones históricas

Históricamente se supusieron múltiples formas. Remontándonos únicamente a la civilización griega, digamos que se imaginaba la Tierra como un disco plano rodeado por el río Océano (Homero). Por otro lado, los Pitagóricos y Platón sostenían que era una esfera perfecta, por razones filosóficas. Es Aristóteles quien aporta evidencias de la forma esférica al observar que en los eclipses de Luna la sombra proyectada por nuestro planeta es circular. A partir de este momento, la cuestión que se plantea es la de su tamaño.

Eratóstenes hace la primera medición conocida de la circunferencia terrestre, muy aproximada a la realidad. Al mediodía del solsticio de verano mide la inclinación de los rayos solares en Alejandría —donde residía como director de su Biblioteca— utilizando un gnomon, determinándola en «una cincuentava parte del círculo», es decir, 7'2 grados. Simultáneamente en Siena (la actual Asuán), al sur de Alejandría, el Sol alcanzaba el cenit, lo que conocía por testimonios directos. Suponiendo que la Tierra era esférica, resultaba evidente que el ángulo de la sombra daba la distancia angular entre las dos ciudades, y conociendo la distancia lineal entre ellas —5000 estadios— pudo calcular la circunferencia terrestre: unos 46 190 km (en este punto se dan numerosas discusiones, por la incertidumbre en la equivalencia del estadio en metros).

La esfericidad terrestre se cuestiona ocasionalmente en la Edad Media. Mucho después, la Academia de Ciencias de Francia determina que la Tierra es un esferoide: una esfera achatada ligeramente por los polos, dando una diferencia de 43 km entre las circunferencias ecuatorial (mayor) y polar (menor).

Finalmente, a partir del siglo XIX se cuestiona el esferoide terrestre para con Gauss y Helmert establecerse que la Tierra es un geoide, es decir un esferoide algo irregular.

Actualidad

A efectos prácticos, especialmente geodésicos, se considera a la Tierra como un esferoide cuyos parámetros —radio ecuatorial y achatamiento— están recomendados por la Unión Astronómica Internacional (UAI), el Sistema Geodésico de Referencia (GRS), el Sistema Geodésico Mundial (WGS) y el Servicio Internacional de la Rotación Terrestre (IERS), entre otros.

A continuación se dan algunos valores del esferoide de referencia IERS 2000 tomados del *Anuario del Observatorio de Madrid* (2005):

Circunferencia ecuatorial: 40.075.014 m

Circunferencia polar: 40.007.832 m

Radio de la esfera equivolumen: 6.371.000 m

Por lo que su:

Radio ecuatorial (a): 6378 km

Radio polar (b): 6357 km

Diferencia (a–b): 21 km

Excentricidad=(a–b)/a: 0,00329

1 / Excentricidad: 303,71

Composición y estructura

Composición de la Tierra

Elemento químico	%
Hierro	34,6
Oxígeno	29,54
Silicio	15,2
Magnesio	12,7
Níquel	2,4
Azufre	1,9
Titanio	0,05
Otros	3,65

La Tierra tiene una estructura compuesta por cuatro grandes zonas o capas: la geosfera, la hidrosfera, la → atmósfera y la → biosfera. Estas capas poseen diferentes composiciones químicas y comportamiento geológico. Su naturaleza puede estudiarse a partir de la propagación de ondas sísmicas en el interior terrestre y a través de las medidas de los diferentes momentos gravitacionales de las distintas capas obtenidas por diferentes satélites orbitales.

Los geólogos han diseñado dos modelos geológicos que establecen una división de la estructura terrestre:

El primero es el **modelo geostático**:

- Corteza. Es la capa más superficial y tiene un espesor que varía entre los 12 km, en los océanos, hasta los 80 km en cratones (porciones más antiguas de los núcleos continentales). La corteza está compuesta por basalto en las cuencas oceánicas y por granito en los continentes.
- Manto. Es una capa intermedia entre la corteza y el núcleo que llega hasta una profundidad de 2900 km. El manto está compuesto por peridotita. El cambio de la corteza al manto está determinado por la discontinuidad de Mohorovicic. El manto se divide a su vez en manto superior y manto inferior. Entre ellos existe una separación

determinada por las ondas sísmicas, llamada discontinuidad de Repetti (700 km).

- Núcleo: Es la capa más profunda del planeta y tiene un espesor de 3475 km. El cambio del manto al núcleo está determinado por la discontinuidad de Gutenberg (2900 km).

El núcleo está compuesto de una aleación de hierro y níquel, y es en esta parte donde se genera el campo magnético terrestre. Éste se subdivide a su vez en el núcleo interno, el cual es sólido, y el núcleo externo, que es líquido. El núcleo interno está a su vez dividido en dos, externo (líquido) e interno (sólido, debido a las condiciones de presión). Esta división se produce en la discontinuidad de Wiechert-Lehman-Jeffreys (5150 km). Tiene una temperatura de entre 4000 y 5000 °C.

La Tierra, vista desde el espacio, tiene un aspecto azulado. Por este motivo también es conocida como «el planeta azul». Este color se debe a que la superficie de la Tierra está mayoritariamente cubierta por agua.

Modelo geostático del interior terrestre.	Modelo geodinámico del interior terrestre.	Estructura en capas del interior terrestre.

El segundo modelo de división de la estructura terrestre es el **modelo geodinámico**:

- Litosfera. Es la parte más superficial que se comporta de manera elástica. Tiene un espesor de 250 km y abarca la corteza y la porción superior del manto.
- Astenosfera. Es la porción del manto que se comporta de manera fluida. En esta capa las ondas sísmicas disminuyen su velocidad.
- Mesosfera. También llamada manto inferior. Comienza a los 700 km de profundidad, donde los minerales se vuelven más densos sin cambiar su composición química. Está formada por rocas calientes y sólidas, pero con cierta plasticidad.
- Capa D. Se trata de una zona de transición entre la mesosfera y la endosfera. Aquí las rocas pueden calentarse mucho y subir a la litosfera, pudiendo desembocar en un volcán.
- Endosfera. Corresponde al núcleo del modelo geoestático. Formada por una capa externa muy fundida donde se producen corrientes o flujos y otra interna, sólida y muy densa.

Véase también: *Gradiente geotérmico* y *Energía geotérmica*

La hidrosfera

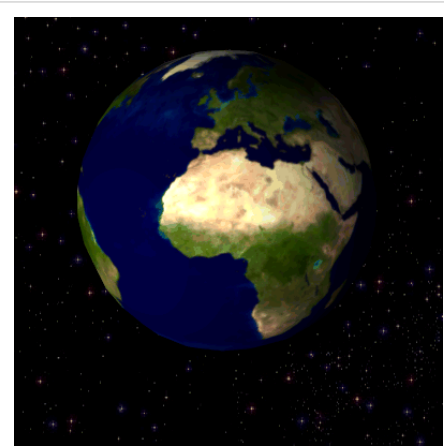
La Tierra es el único planeta en nuestro sistema solar que tiene una superficie líquida.^[2] El agua cubre un 71% de la superficie de la Tierra (97% de ella es agua de mar y 3% agua dulce), formando cinco océanos y seis continentes.

La Tierra está realmente a la distancia del Sol adecuada para tener agua líquida en su superficie. No obstante, sin el → efecto invernadero, el agua en la Tierra se congelaría. Al inicio de la existencia del Sistema Solar el Sol emitía menos radiación que en la actualidad, pero los océanos no se congelaron porque la atmósfera de primera generación de la Tierra poseía mucho más CO₂, y por tanto el efecto invernadero era mayor.

En otros planetas, como Venus, el agua desapareció debido a que la radiación solar ultravioleta rompe la molécula de agua y el ion hidrógeno, que es ligero, escapa de la atmósfera. Este efecto es lento, pero inexorable. Ésta es una hipótesis que explica por qué Venus no tiene agua.^[cita requerida] En la atmósfera de la Tierra, una tenue capa de ozono en la estratosfera absorbe la mayoría de esta radiación ultravioleta, reduciendo el efecto. El ozono protege a la biosfera del pernicioso efecto de la radiación ultravioleta. La magnetosfera también actúa como un escudo que protege al planeta del viento solar.

La masa total de la hidrosfera es aproximadamente $1,4 \times 10^{21}$ kg.

Véase también: *Océano*



La Tierra en movimiento de rotación. En esta imagen, la Tierra da una vuelta completa en pocos segundos (25.000 veces más rápido), pero en realidad la vuelta completa dura 24 horas.

La atmósfera

La Tierra tiene una espesa atmósfera compuesta en un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno molecular y 1% de argón, más trazas de otros gases como anhídrido carbónico y vapor de agua. La atmósfera actúa como una manta que deja entrar la radiación solar pero atrapa parte de la radiación terrestre (→ efecto invernadero). Gracias a ella la temperatura media de La Tierra es de unos 17 °C. La composición atmosférica de la Tierra es inestable y se mantiene por la biosfera. Así, la gran cantidad de oxígeno libre se obtiene por la fotosíntesis de las plantas, que por la acción de la energía solar transforma CO₂ en O₂. El oxígeno libre en la atmósfera es una consecuencia de la presencia de vida (de vegetación) y no al revés.

Las capas de la atmósfera son: la troposfera, la estratosfera, la mesosfera, la termosfera, y la exosfera. Sus alturas varían con los cambios estacionales.

La masa total de la atmósfera es aproximadamente $5,1 \times 10^{18}$ kg.^[3]

La Luna

La Luna

	
Diámetro	3474,8 km
Masa	$7,35 \times 10^{22}$ kg
Distancia media	384.400 km
Periodo orbital	27 días 7 h 43,7 min

La Luna es un satélite relativamente grande comparado con la Tierra, siendo su diámetro un cuarto del terrestre.

La atracción gravitatoria entre la Tierra y la Luna causa las mareas en la Tierra. El mismo efecto en la Luna hace que el periodo de rotación alrededor de su eje sea igual que el periodo de giro en torno a la Tierra. Como resultado, la Luna siempre presenta la misma cara a la Tierra. En su movimiento alrededor de la Tierra, el Sol ilumina distintas partes de la Luna, presentando un ciclo completo de fases lunares.

La Luna puede causar una variación moderada del clima terrestre. Las simulaciones de ordenador muestran que la fuerza de atracción de la Luna hacia la protuberancia ecuatorial de la Tierra causa una estabilización de la inclinación del eje de rotación, produciendo una variación moderada del clima. Sin esta estabilización, algunos científicos creen que el eje de rotación podría ser caóticamente inestable, como parece ocurrir en Marte.^[cita requerida] Si el eje de rotación de la Tierra se acercara a la eclíptica, la variación estacional del clima sería sumamente importante. Un polo apuntaría directamente hacia el Sol durante el verano, mientras para el otro sería noche permanente en invierno. Los científicos que han estudiado el efecto creen que ello causaría la desaparición de la vida, afectando a animales y plantas grandes.^[cita requerida]

El disco lunar visto desde la Tierra tiene aproximadamente el mismo diámetro angular que el del Sol (el Sol es 400 veces más grande, pero está 400 veces más lejos que la Luna). Esto permite que haya eclipses de sol totales.

La hipótesis más reciente del origen de la Luna es que se formó por la colisión de un protoplaneta del tamaño de Marte (denominado Theia) cuando la Tierra era joven. Esta hipótesis explica (entre otras cosas) la falta de hierro en la Luna. La hipótesis del impacto brutal también podría explicar la fuerte inclinación del eje de rotación terrestre.^[cita requerida]

Otra hipótesis supone que la Luna es hija de la Tierra, formándose de una protuberancia cuando nuestro planeta se encontraba en estado plástico (caliente), habiendo dado la excentricidad origen al lanzamiento de nuestro satélite como si fuera un satélite artificial, debido a la gran fuerza centrífuga. Algunos autores incluso señalan que dicha protuberancia se originaría en el lugar que actualmente ocupa el océano Pacífico. Aunque se trata de una especulación, se ha señalado que el hecho de que siempre veamos la misma cara de la Luna se debería a este origen: al separarse, la Luna habría seguido teniendo un movimiento de traslación equivalente al de rotación terrestre, y siempre veríamos la misma zona de la Luna que permaneció unida a la Tierra hasta el último momento.^[cita requerida]

La Tierra tiene también por lo menos otro satélite co-orbital: el asteroide (3753) Cruithne.

Movimientos de la Tierra

La Tierra realiza dos movimientos principales en el espacio, denominados, traslación y rotación; y dos movimientos secundarios, denominados precesión y nutación. Debido al movimiento de traslación y a la oblicuidad de la eclíptica, se suceden las cuatro estaciones anuales. Dichas estaciones están delimitadas por los instantes en que la Tierra pasa por los equinoccios de otoño y primavera y por los solsticios de verano e invierno.

La biosfera

Hasta la fecha (2009), la Tierra es el único lugar del universo que se conoce con vida. Las formas de vida del planeta Tierra forman la → biosfera. La biosfera comenzó a evolucionar hace aproximadamente 3500 millones de años ($3,5 \times 10^9$). La hipótesis Gaia es un modelo científico de la → biosfera terrestre formulado por el biólogo James Lovelock que sugiere que la vida sobre la Tierra organiza las condiciones climáticas para favorecer su propio desarrollo.

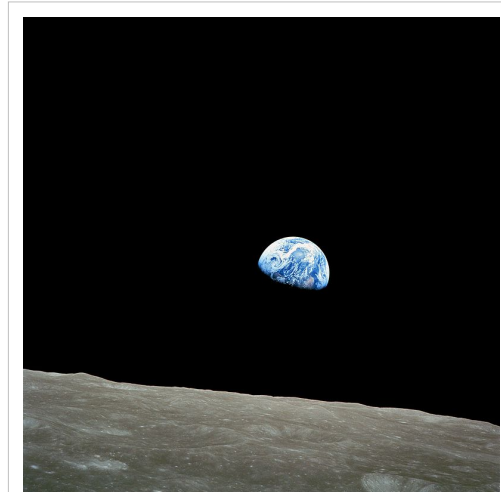
Véase también: Vida, Ser vivo y Complejidad biológica

Geografía

- El área total de la Tierra es de aproximadamente 510 millones de km², de los cuales 149 millones son de tierra firme y 361 millones de agua.
- Las líneas costeras (litorales) de la Tierra suman cerca de 356 millones de km.

El mundo poblado por los humanos se divide en 5 continentes, que a su vez se distribuyen políticamente en 197 países. El continente con mayor número de países es **África** con 54, seguido de **Europa** con 46, **Asia** con 48, **América** con 35 y **Oceanía** con 14.

Véase también: Anexo:Países del mundo



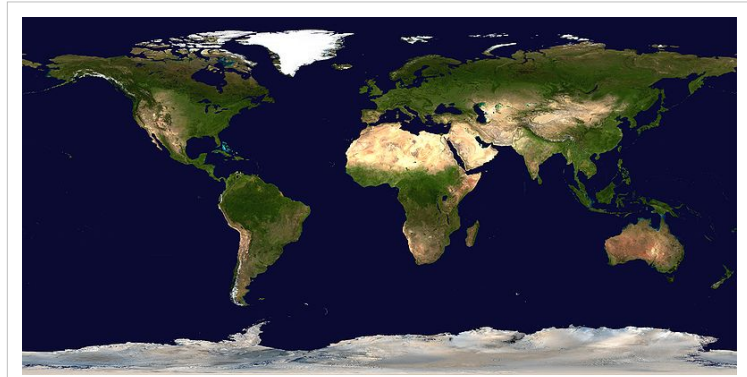
La Tierra vista desde la Luna.



Mapa físico-político de la Tierra (hacer clic sobre la imagen para ampliar).

Mapas espaciales de la Tierra

El satélite ambiental Envisat de la ESA está desarrollando el retrato más detallado de la superficie de la Tierra. El objetivo del proyecto GLOBCOVER es la creación de un mapa global de la cobertura terrestre con una resolución tres veces superior a la de cualquier otro mapa por satélite hasta ahora. Utiliza reflectores radar, con antenas de ancho sintéticas, capturando, con sus sensores, la radiación reflejada [4].



Planisferio terrestre (composición de fotos satelitales).

La NASA destaca un nuevo mapa tridimensional, que es la topografía más precisa del planeta, elaborada durante cuatro años con los datos transmitidos por el transbordador espacial Endeavour. Los datos analizados corresponden al 80% de la masa terrestre. «Ésta ha sido una de las misiones científicas más valiosas de los transbordadores y probablemente la más importante de carácter cartográfico que se haya realizado jamás», afirmó Michael Kobrick, científico de la misión del Endeavour que giró en órbita terrestre en febrero del 2000.

Cubre los territorios de Australia y Nueva Zelanda con detalles sin precedentes. También incluye más de mil islas de la Polinesia y la Melanesia en el Pacífico sur, así como islas del Índico y el Atlántico. Muchas de esas islas apenas se levantan unos metros sobre el nivel del mar y son muy vulnerables a los efectos de las marejadas y tormentas, por lo que su conocimiento ayudará a evitar catástrofes.

Según John LaBrecque, director del Programa de Riesgos Naturales de la agencia espacial, los datos proporcionados por la misión del Endeavour tendrán una amplia variedad de usos, como la exploración virtual del planeta. «Con el tiempo, otras misiones podrán utilizar la misma tecnología para detectar los cambios que se hayan producido en la superficie de la Tierra y hasta para configurar la topografía de otros planetas», dijo.

Véase también

- Climas de la Tierra
- Edad de la Tierra
- Ecuación del tiempo
- Extremos en la Tierra (récores de temperaturas y altitudes según continentes)
- Geografía
- Geología
- Geología histórica
- Población humana
- Tectónica de Placas
- Portal:Ciencias de la Tierra

Enlaces externos

-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Tierra**. Commons

Wikiquote

-  Wikiquote alberga frases célebres de o sobre **Tierra**.

Wikcionario

-  Wikcionario tiene definiciones para **Tierra**.
- Celestia.Albacete.org ^[5] (actividad educativa: la Tierra en el Sistema Solar).
- FlashEarth.com ^[6] (imágenes basadas en fotografías aéreas y satelitales de la Tierra, en Flash).
- Geody.com ^[7] (buscador que permite localizar lugares en la Tierra y otros planetas mediante su nombre o de sus coordenadas, y visualizar el lugar buscado a través de Google Earth, Google Maps, NASA World Wind, Celestia, Stellarium y otros más.
- Jpl.Nasa.gov ^[8] (sitio de la misión en castellano; ver «Un viaje simulado por la Cordillera de los Andes», con animación y sonido en español).
- Jpl.Nasa.gov ^[9] (otra animación; en inglés)
- PhotoJournal.Jpl.Nasa.gov ^[10] (galería de imágenes).
- Tayabeixo.org ^[11] (el planeta Tierra en la página de la ALDA: Asociación Larense de Astronomía).
- WorldWind.Arc. NASA.gov ^[12] (mapa tridimensional de la Tierra. Descargable gratuitamente (184,3 MB). Alta resolución, nombres, límites, y muchas opciones más.
- Primera fotografía de la Tierra desde su órbita realizada en 1946 ^[13]
- El primitivo sistema solar ^[14] Actividad educativa: La Tierra y la Luna primitivas.

ace:Bumoë ckb: ܬܝܪܐ mwl:Tierra

Referencias

- http://en.wikipedia.org/wiki/Tierra
- Los otros planetas en el Sistema Solar son demasiado cálidos o bien demasiado fríos para admitir agua líquida. No obstante, se ha confirmado que existió en la superficie de Marte en el pasado y puede aún aparecer hoy en día. Véase:
- The Mass of the Atmosphere: A Constraint on Global Analyses (http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-abstract&doi=10.1175/JCLI-3299.1)
- http://www.esa.int/esaCP/SEMF2ZY5D8E_Spain_0.html
- http://celestia.albacete.org/celestia/celestia/solar/tierra5.htm
- http://www.flashearth.com/
- http://www.geody.com/
- http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/spanish.htm
- http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/
- http://photojournal.jpl.nasa.gov/targetFamily/Earth
- http://www.tayabeixo.org/sist_solar/tierra/tierra.htm
- http://worldwind.arc.nasa.gov/index.html
- http://es.youtube.com/watch?v=tZIZZWzFoTg
- http://celestia.albacete.org/celestia/celestia/tierra/2primi.htm

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

El **Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático** o **Panel Intergubernamental del Cambio Climático**, conocido por las siglas **IPCC** (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), se estableció en el año 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (WMO, *World Meteorological Organization*) y el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP, *United Nations Environment Programme*).

Objetivos

El IPCC no lleva a cabo investigaciones ni hace observaciones de los cambios climáticos o fenómenos relacionados. Una de las principales funciones del IPCC es publicar informes en los temas relevantes para aplicar medidas en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).^[1] (El UNFCCC es un tratado internacional que reconoce las posibilidades de daño en el cambio climático ;las medidas del UNFCCC conducen, eventualmente, al Protocolo de Kioto.) El IPCC basa sus valoraciones principalmente en publicaciones *peer reviewed*.^[2] -El IPCC está abierto sólo a estados miembros de la WMO y UNEP.

El **IPCC** es un organismo multinacional encargado de llevar a cabo las negociaciones relativas al → cambio climático global, así como de dirigir la discusión científica sobre calentamiento global, la emisión de partículas de carbono, el efecto invernadero, y otros. Su presidente es Rajendra K. Pachauri.^[3] Entre sus líneas de acción destacan los distintos escenarios de cambio climático global, los mismos que se plantean en el marco del Protocolo de Kioto.

Informes presentados

Los Informes de evaluación constan de varios volúmenes, y proporcionan todo tipo de información científica, técnica y socio-económica sobre el cambio climático, sus causas, sus posibles efectos, y las medidas de respuesta correspondientes.

El **Primer informe de evaluación** (FAR) del IPCC se publicó en 1990, y confirmó los elementos científicos que suscitan preocupación acerca del cambio climático. A raíz de ello, la Asamblea General de las Naciones Unidas decidió preparar una **Convención Marco sobre el Cambio Climático** (CMCC). Esa Convención entró en vigor en marzo de 1994.

El **Segundo informe de evaluación** (SAR), "Cambio climático 1995", se puso a disposición de la Segunda Conferencia de las Partes en la CMCC, y proporcionó material para las negociaciones del Protocolo de Kioto derivado de la Convención. Consta de tres informes de grupos de trabajo y de una síntesis de información científica y técnica útil para la interpretación del artículo 2º (el objetivo) de la CMCC.

El **Tercer informe de evaluación** (TAR), "Cambio climático 2001", consta también de tres informes de grupos de trabajo sobre "La base científica", "Efectos, adaptación y vulnerabilidad", y "Mitigación", así como un Informe de síntesis en el que se abordan diversas cuestiones científicas y técnicas útiles para el diseño de políticas.

El **Cuarto informe de evaluación** (AR4) de noviembre de 2003, donde el grupo aprobó, en grandes líneas, las aportaciones de los grupos de trabajo al Cuarto informe de evaluación. Dicho informe se completaría en el año 2007, y fue publicada en febrero de 2007.

La última evaluación del IPCC, divulgada en el Cuarto informe, señaló una tendencia creciente en los eventos extremos observados en los pasados cincuenta años y considera probable que las altas temperaturas, olas de calor y fuertes precipitaciones continuarán siendo más frecuentes en el futuro, por lo cual, en los años posteriores puede ser desastroso para la humanidad.

El Premio Nobel

El viernes 12 de octubre de 2007, el ex vicepresidente de los Estados Unidos, Al Gore, y el Grupo Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, sus siglas en inglés), cuyo presidente es Rajendra Pachauri, obtuvieron el Premio Nobel de la Paz, por su trabajo de concienciar sobre el calentamiento global. El premio, de 1,1 millones de euros, será compartido entre todo el equipo.

Al Gore nació el 31 de marzo de 1948; fue electo vicepresidente bajo el mandato de Bill Clinton en 1992. Según la decisión del comité, Al Gore "es probablemente el individuo que más ha hecho por fomentar una mayor comprensión a nivel mundial de las medidas que se deben adoptar". Gore fue objeto de peticiones para postularse en la campaña presidencial de 2008.

El Grupo intergubernamental sobre el cambio climático fue establecido en 1988 con el fin de estudiar dicho cambio climático. Basándose en sus informes y conclusiones, publicadas en 1991, sobre el calentamiento global, se impulsó en 1992 la aprobación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y, de igual manera, las negociaciones para la creación del Protocolo de Kioto.

"Miles de científicos y funcionarios de más de cien países han colaborado para conocer con mayor certeza la escala del calentamiento", declaró el Comité Nobel.^[4]

Críticas

El IPCC es un órgano cuya institucionalidad está en tela de juicio a raíz de unas declaraciones que pusieron contra la espada y la pared a la organización por parte de uno de sus miembros.^[5]

Enlaces externos

- UN scientist backs '350' target for CO2 reduction ^[6], AFP (english 2009-08-25) Consultado el 2009-09-16.

Wikinoticias

-  Wikinoticias tiene noticias relacionadas con **Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático**.
- Página web de IPCC ^[21]
- Página de IPCC en español ^[7]
- Glosario usado por el IPCC en español ^[8]
- Análisis de Greenpeace sobre los informes del IPCC ^[9]
- Universidad Internacional de Verano "Comunicación Audiovisual para las Energías Renovables, la Eficiencia y el Cambio Climático" ^[10]

Referencias

- [1] « Principios de gobierno del trabajo del IPCC (<http://www.ipcc.ch/about/princ.pdf>)». Intergovernmental Panel on Climate Change (2006-04-28). Consultado el 2007-07-24.
- [2] « Sobre el IPCC – Funciones y Miembros (<http://www.ipcc.ch/languageportal/spanishportal.htm#1>)». Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). Consultado el 2007-07-24.
- [3] Organigrama del IPCC (http://books.google.es/books?id=2N46Q0HQmzK&pg=RA1-PA128&lpg=RA1-PA128&dq=Organigrama+del+IPCC&source=bl&ots=NoCMfhkK2Q&sig=IQyp9N30AsJzSb14cQ1QjKgn7iQ&hl=es&ei=qUi-SbaQHJmzjAfx8rWgCA&sa=X&oi=book_result&resnum=3&ct=result)
- [4] Copiado de « Al Gore y Panel Climático son galardonados con el Premio Nobel de la Paz (Wikinoticias) (http://es.wikinews.org/wiki/Al_Gore_y_Panel_Climático_son_galardonados_con_el_Premio_Nobel_de_la_Paz)» (2007-10-12).
- [5] <http://www.libertaddigital.com/sociedad/un-miembro-del-ipcc-destapa-la-gran-mentira-del-cambio-climatico-1276335809/>
- [6] http://news.yahoo.com/s/afp/20090825/sc_afp/climatewarmingunipccpachaurico2
- [7] <http://www.ipcc.ch/languageportal/spanishportal.htm>
- [8] <http://www.ipcc.ch/pub/syrglossspanish.pdf>
- [9] <http://www.greenpeace.org/espana/campaigns/energ-a>

[10] <http://www.uinternacional.org>

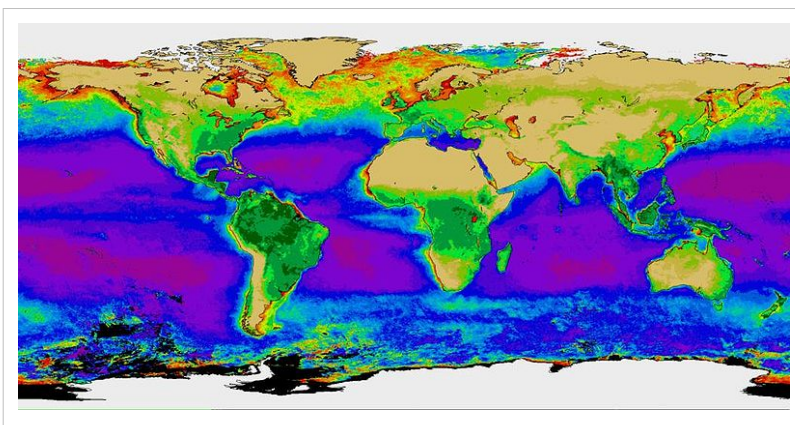
Biosfera

En *ecología*, la **biósfera** o **biosfera**^[1] es el sistema material formado por el conjunto de los seres vivos propios del planeta → Tierra, junto con el medio físico que les rodea y que ellos contribuyen a conformar. Este significado de "envoltura viva" de la Tierra, es el de uso más extendido, pero también se habla de biosfera a veces para referirse al espacio dentro del cual se desarrolla la vida, también la biosfera es el conjunto de la litósfera, hidrósfera y la → atmósfera.

La biosfera es el ecosistema global. Al mismo concepto nos referimos con otros términos, que pueden considerarse sinónimos, como **ecosfera** o **biogeosfera**. Es una creación colectiva de una variedad de organismos y especies que interactuando entre sí, forman la diversidad de los ecosistemas. Tiene propiedades que permiten hablar de ella como un gran ser vivo, con capacidad para controlar, dentro de unos límites, su propio estado y evolución.

Historia

El término fue acuñado por el geólogo Eduard Suess en 1875, pero el concepto ecológico de biosfera se inicia en la década de 1920 con Vladimir I. Vernadsky, precediendo a la introducción en 1935 del término ecosistema por Arthur Tansley. La biosfera es un concepto de la mayor importancia en astronomía, geología, geoquímica, climatología, paleogeografía, biogeografía, evolución y, en general, en todas las ciencias que tratan sobre la vida en la Tierra. Incluye a todos los ecosistemas, ya sean gigantes o demasiado pequeños.

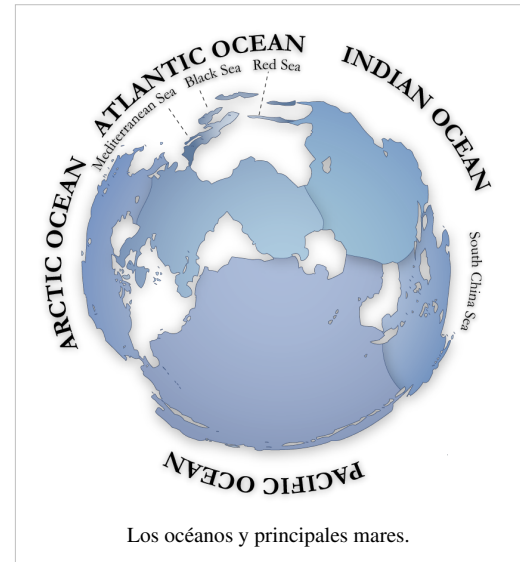


Distribución de la vida

Constituye una delgada capa de dimensiones irregulares, lo mismo que es irregular la densidad de biomasa, de diversidad y de producción primaria. Se extiende por la superficie y el fondo de los océanos y mares, donde primero se desarrolló, por la superficie de los continentes, y en los niveles superficiales de la corteza terrestre, donde la vida prospera, con baja densidad, entre los poros e intersticios de las rocas.

Océanos

En los océanos la vida se concentra en la capa superficial, zona fótica, en la que penetra la luz. La cadena trófica empieza aquí con fotosintetizadores que son sobre todo cianobacterias y protistas, generalmente unicelulares y planctónicos. Los factores limitantes para el desarrollo de la vida son aquí algunos nutrientes esenciales, como el hierro, que son escasos, y la máxima productividad la encontramos en los mares fríos y en ciertas regiones tropicales, contiguas a los continentes, en las que las corrientes hacen aflorar nutrientes desde el fondo del mar. Fuera de esos lugares, las regiones pelágicas (en alta mar) de las latitudes cálidas son desiertos biológicos, con poca densidad de vida. Los ecosistemas marinos más ricos y complejos son sin embargo tropicales, y son los que se desarrollan a muy poca profundidad, sólo unos metros, ricos en vida bentónica, cerca de la orilla; el ejemplo más claro son los arrecifes coralinos.



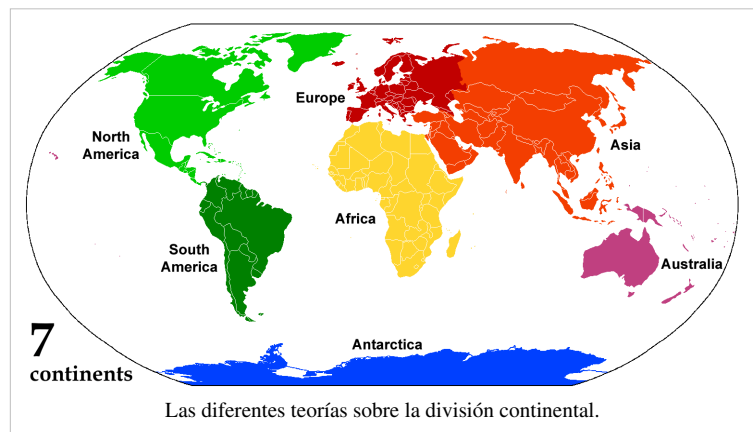
Los océanos y principales mares.

Además de en la zona fótica, hay una vida marina próspera en cada uno de los oscuros y extensos fondos del océano, la cual depende, para su nutrición, de la materia orgánica que cae desde arriba, en forma de residuos y cadáveres. En algunos lugares en los que los procesos geotectónicos hacen aflorar aguas calientes cargadas de sales, son importantes los productores primarios, autótrofos, que obtienen la energía de reacciones químicas basadas en sustratos inorgánicos; el tipo de metabolismo que llamamos quimiosíntesis.

En contra de ciertos prejuicios, la densidad media de vida es mayor en los continentes que en los océanos en la biosfera actual; aunque como el océano es mucho más extenso, le corresponde aproximadamente el 50% de la producción primaria total del planeta.

Continentes

En los continentes la cadena trófica arranca de las plantas terrestres, fotosintetizadores que obtienen nutrientes minerales del suelo gracias a las mismas estructuras con que se anclan, las raíces, haciendo circular agua hacia el follaje, donde la evaporan. Por esta razón el principal factor limitante en los continentes es la disponibilidad de agua en el suelo, a la vez que lo es la temperatura, que es más variable que en los mares, donde el elevado calor específico del agua asegura un ambiente térmico muy homogéneo y estable en el tiempo.



Las diferentes teorías sobre la división continental.

Por la razón indicada, la biomasa, la productividad bruta y la diversidad ecológica, se distribuye:

- Siguiendo un gradiente, con un máximo hacia el ecuador y un mínimo en las regiones polares, en correlación con la energía disponible.
- Concentrada en tres bandas extendidas latitudinalmente. La primera de ellas es la ecuatorial, donde las lluvias producidas por el frente intertropical, que son de tipo cenital, se producen todo el año o alternando con una estación seca. Las otras dos, más o menos simétricas, cubren las latitudes medias o templadas, donde hay una mayor o menor abundancia de lluvias ciclónicas, que acompañan a las borrascas.

Entre esas zonas húmedas y de vida densa, hay dos franjas simétricas de regiones desérticas o semidesérticas tropicales, donde aunque la biomasa es baja, es elevada la biodiversidad. En las latitudes altas de ambos hemisferios tenemos, por último, las regiones polares, donde la pobreza de vida se explica por la escasez de agua líquida tanto como por la de energía.

Biosfera profunda

Hasta hace poco se ponía como límite para la vida el nivel, a pocos metros de profundidad, hasta donde se extienden las raíces de las plantas. Ahora hemos comprobado que no sólo en los fondos oceánicos hay ecosistemas dependientes de organismos quimioautótrofos, sino que la vida de este tipo se extiende hasta niveles profundos de la corteza. Consiste en bacterias y arqueas extremófilas, las cuales extraen energía de procesos químicos inorgánicos (Quimiosíntesis). Prosperan sin duda mejor en lugares donde aparecen ciertas mezclas minerales inestables, que ofrecen un potencial de energía química; pero la Tierra es geológicamente un planeta aún vivo, donde los procesos internos generan aún constantemente situaciones así.

Homeostasis

La organización de la vida se basa en una jerarquía de niveles de complejidad, con sistemas menores que se organizan para formar otros mayores, más complejos y potencialmente más variados. Se trata de sistemas autoorganizados con distintos grados de control cibernético sobre su estado. El máximo autocontrol lo encontramos en los niveles que llamamos de las células y de los organismos; de hecho basta una célula para tener un organismo autónomo (un organismo unicelular). En menor medida observamos autocontrol, por mecanismos cibernéticos de realimentación negativa, en el nivel de organización de los ecosistemas. Algunos autores, como el propio Vernadski, y luego señaladamente James Lovelock, valoraron que la misma posibilidad la demuestra el ecosistema global, es decir, la biosfera. La biosfera muestra, aunque no con el grado de control de un organismo, capacidades de homeostasis (regulación de su composición y estructura) y homeorresis (regulación del ritmo de sus procesos internos y de intercambio).

Astrobiología

El descubrimiento de la biosfera profunda trajo consigo un importante cambio teórico y psicológico, al mostrar la viabilidad de la vida en ambientes extremos y en ausencia de luz, en contra de nuestros conceptos anteriores. La progresiva comprensión de lo que representa la biosfera terrestre, ha hecho cambiar las ideas acerca de la probabilidad de la aparición espontánea de vida en otros cuerpos planetarios, y de su progresión para formar otras biosferas, haciendo racional la esperanza de observar vida en cuerpos planetarios del Sistema Solar donde nos parecía antes imposible.

Véase también

- Ecología
- Ecosistema
- Bioma
- Biota
- Biomasa
- Biogeografía
- Biodiversidad
- Producción primaria
- Hipótesis de Gaia
- Astrobiología
- Reserva de la biosfera
- Geografía
- Biología

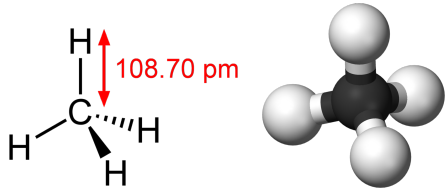
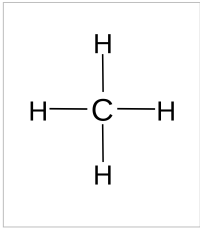
Referencias

[1] Diccionario Panhispánico de Dudas (<http://buscon.rae.es/dpdI/SrvltGUIBusDPD?origen=RAE&lema=-sfera>)

گنیز:ckb

Metano

Propiedades

	
Generales	
Nombre	Metano
Estructura de Lewis	
Fórmula química	CH ₄
Peso atómico	16,043 uma
Densidad	0.717 kg/m ³ (gas)
Otras denominaciones	Gas del pantano; hidruro de metilo
CAS	74-82-8
Cambios de fase	

Punto de fusión	90,6 K (-182,5 °C)
Punto de ebullición	111,55 K (-161,6 °C)
Punto triple	90,67 K (-182,48 °C) 0,117 bar
Punto crítico	190,6 K (-82,6 °C) 46 bar
$\Delta_{\text{fus}} H$	1,1 kJ/mol
$\Delta_{\text{vap}} H$	8,17 kJ/mol
Propiedades del gas	
$\Delta_f H^0_{\text{gas}}$	-74,87 kJ/mol
$\Delta_f G^0_{\text{gas}}$	-50,828 kJ/mol
S^0_{gas}	188 J/(mol·K)
C_m	35,69 J/(mol·K)
Seguridad	
Efectos agudos	Asfixia; en algunos casos inconsciencia, ataque cardíaco o lesiones cerebrales. El compuesto se transporta como líquido criogénico. Su exposición causará obviamente la congelación.
Efectos crónicos	???
Punto de inflamación	-188 °C
Temperatura de autoignición	537 °C
Límite explosivos	5-15%
Más información	
Properties	NIST WebBook ^[1]
MSDS	Hazardous Chemical Database ^[2]
Valores en el SI y en condiciones normales (0 °C y 1 atm), salvo que se indique lo contrario.	
Exenciones y referencias	

El **metano** (del griego *methy* vino, y el sufijo *-ano*^[3]) es el hidrocarburo alcano más sencillo, cuya fórmula química es CH₄.

Cada uno de los átomos de hidrógeno está unido al carbono por medio de un enlace covalente. Es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro e inodoro y apenas soluble en agua en su fase líquida.

En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas. Este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. Muchos microorganismos anaeróbicos lo generan utilizando el CO₂ como aceptor final de electrones.

Constituye hasta el 97% del gas natural. En las minas de carbón se le llama grisú y es muy peligroso ya que es fácilmente inflamable y explosivo.

El metano es un gas de efecto invernadero relativamente potente que contribuye al → calentamiento global del planeta → Tierra ya que tiene un potencial de calentamiento global de 23.^[4] Esto significa que en una media de tiempo de 100 años cada kg de CH₄ calienta la Tierra 23 veces más que la misma masa de CO₂, sin embargo hay aproximadamente 220 veces más dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra que metano por lo que el metano

contribuye de manera menos importante al → efecto invernadero.

Propiedades

El metano es el componente mayoritario del gas natural, aproximadamente un 97% en volumen a temperatura ambiente y presión estándar, el metano es un gas incoloro e inodoro. Como medida de seguridad se añade un odorífero, habitualmente metanotiol o etanotiol. El metano tiene un punto de ebullición de $-161,5^{\circ}\text{C}$ a una atmósfera y un punto de fusión de -183°C . Como gas es sólo inflamable en un estrecho intervalo de concentración en el aire (5-15%). El metano líquido no es combustible.

Riesgos potenciales sobre la salud

El metano no es tóxico. Su principal peligro para la salud son las quemaduras que puede provocar si entra en ignición. Es altamente inflamable y puede formar mezclas explosivas con el aire. El metano reacciona violentamente con oxidantes, halógenos y algunos compuestos halogenados. El metano es también un asfixiante y puede desplazar al oxígeno en un espacio cerrado. La asfixia puede sobrevenir si la concentración de oxígeno es reducida por debajo del 19,5% por desplazamiento. Las concentraciones a las cuales se forman las barreras explosivas o inflamables son mucho más pequeñas que las concentraciones en las que el riesgo de asfixia es significativo. Si hay estructuras construidas sobre o cerca de vertederos, el metano despredido puede penetrar en el interior de los edificios y exponer a los ocupantes a niveles significativos de metano. Algunos edificios tienen sistemas por debajo de sus cimientos para capturar este gas y expulsarlo del edificio. Un ejemplo de este tipo de sistema se encuentra en el edificio Dakin, Brisbane, California.

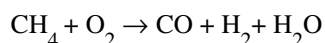
Reacciones

Las principales reacciones del metano son: combustión, reformación con vapor (*steam reforming*) para dar gas de síntesis (*syngas*), y halogenación. En general, las reacciones del metano son dificultosas de controlar. Por ejemplo, la oxidación parcial para llegar a metanol es difícil de conseguir; la reacción normalmente prosigue hasta dar dióxido de carbono y agua.

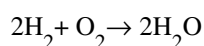
Combustión

En la combustión del metano hay involucrados una serie de pasos:

Se cree que el metano reacciona en primer lugar con el oxígeno para formar formaldehído (HCHO o H_2CO). Acto seguido el formaldehído se descompone en el radical formil, que a continuación da monóxido de carbono y hidrógeno. Este proceso es conocido en su conjunto como pirólisis oxidativa.



Siguiendo la pirólisis oxidativa, el H_2 se oxida formando H_2O , desprendiendo calor. Este proceso es muy rápido, siendo su duración habitual inferior a un milisegundo.



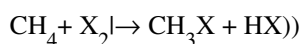
Finalmente el CO se oxida, formando CO_2 y liberando más calor. Este proceso generalmente es más lento que el resto de pasos, y requiere unos cuantos milisegundos para producirse.

Reformación

El enlace covalente carbono-hidrógeno se encuentra entre los más fuertes de todos los hidrocarburos, y por tanto su uso como materia prima es limitado. A pesar de la alta energía de activación necesaria para romper el enlace CH, el metano es todavía el principal material de partida para fabricar hidrógeno mediante reformación con vapor. La búsqueda de catalizadores que puedan facilitar la activación del enlace CH en el metano y otros alcanos ligeros es un área de investigación de gran importancia industrial.

Halogenación

El metano reacciona con los halógenos bajo condiciones adecuadas. La reacción tiene lugar de la siguiente manera.



En donde X es un halógeno: flúor (F), Cloro (Cl), Bromo (Br) y a veces Yodo (I). El mecanismo de esta reacción es el de halogenación por radicales libres.

Usos

Combustible

Para más información del uso del metano como combustible, consulte: gas natural.

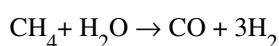
El metano es importante para la generación eléctrica ya que se emplea como combustible en las turbinas de gas o en generadores de vapor.

Si bien su calor de combustión, de unos 802 kJ/mol, es el menor de todos los hidrocarburos, si se divide por su masa molecular (16 g/mol) se encuentra que el metano, el más simple de los hidrocarburos, produce más cantidad de calor por unidad de masa que otros hidrocarburos más complejos. En muchas ciudades, el metano se transporta en tuberías hasta las casas para ser empleado como combustible para la calefacción y para cocinar. En este contexto se le llama gas natural.

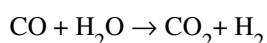
Usos industriales

El metano es utilizado en procesos químicos industriales y puede ser transportado como líquido refrigerado (gas natural licuado, o GNL). Mientras que las fugas de un contenedor refrigerado son inicialmente más pesadas que el aire debido a la alta densidad del gas frío, a temperatura ambiente el gas es más ligero que el aire. Los gasoductos transportan grandes cantidades de gas natural, del que el metano es el principal componente.

En la industria química, el metano es la materia prima elegida para la producción de hidrógeno, metanol, ácido acético y anhídrido acético. Cuando se emplea para producir cualquiera de estos productos químicos, el metano se transforma primero en gas de síntesis, una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno, mediante reformación por vapor. En este proceso, el metano y el vapor reaccionan con la ayuda de un catalizador de níquel a altas temperaturas (700 -1100 °C)



La proporción de monóxido de carbono frente al hidrógeno puede ser ajustada mediante la reacción de desplazamiento de gas de agua al valor deseado.



Otros productos químicos menos importantes derivados del metano incluyen el acetileno obtenido haciendo pasar metano a través de un arco eléctrico, y los clorometanos (clorometano, diclorometano, cloroformo, y tetracloruro de carbono), producidos por medio de la reacción del metano con cloro en forma de gas. Sin embargo, el uso de estos productos está disminuyendo, el acetileno está siendo reemplazado por sustitutos más económicos y los clorometanos debido a motivos de salud y medioambientales.

Fuentes

Fuentes naturales

El 60% de las emisiones en todo el mundo es de origen antropogénico. Proceden principalmente de actividades agrícolas y otras actividades humanas. La concentración de este gas en la atmósfera se ha incrementado de 0,8 a 1,7 ppm, pero se teme que lo haga mucho más a medida que se libere, al aumentar la temperatura de los océanos, el que se encuentra almacenado en el fondo del Ártico.

La mayor fuente de metano es su extracción de los depósitos geológicos conocidos como campos de gas natural. Se encuentra asociado a otros hidrocarburos combustibles y a veces acompañado por helio y nitrógeno. El gas, especialmente el situado en formaciones poco profundas (baja presión), se forma por la descomposición anaeróbica de materia orgánica y el resto se cree que proviene de la lenta desgasificación de los materiales primordiales situados en las partes más profundas del planeta, tal como lo demuestra la presencia de hasta un 7% helio en ciertos yacimientos de gas natural. En términos generales, los depósitos de gas se generan en sedimentos enterrados a mayor profundidad y más altas temperaturas que los que dan lugar al petróleo.

También se puede extraer metano de los depósitos de carbón (CMB son sus siglas en inglés) mediante la perforación de pozos en las capas de carbón, bombeando a continuación el agua de la veta para producir una despresurización lo que permite la desabsorción del metano y su subida por el pozo hasta la superficie. Con esta técnica se produce el 7% del gas natural de los Estados Unidos, si bien puede haber problemas medioambientales debido a la bajada del nivel de los acuíferos y a la presencia de contaminantes en el agua extraída.

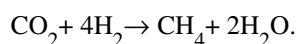
Los hidratos de metano o clatratos (combinaciones de hielo y metano en el fondo marino) son una futura fuente potencial de metano, si bien hasta ahora no existe ninguna explotación comercial de la misma.

Los procesos en la digestión y defecación de animales. **17%**. (Especialmente del ganado). Las bacterias en plantaciones de arroz: **12%**. La Digestión anaeróbica de la biomasa.

Fuentes alternativas

Además de los campos de gas natural una forma alternativa para obtener metano es mediante el biogás generado por la fermentación de materia orgánica que se encuentra en los estiércoles, en los lodos de las aguas residuales, en la basura domestica, o en cualquier otra materia prima biodegradable, bajo condiciones anaeróbicas.

El metano también se puede obtener industrialmente empleando como materias primas el hidrógeno (el cual se puede obtener mediante electrólisis) y el dióxido de carbono mediante el proceso Sabatier.



Metano en la atmósfera de la Tierra

El metano es un gas de efecto invernadero muy importante en la atmósfera de la Tierra con un potencial de calentamiento de 23 sobre un período de 100 años. Esto implica que la emisión de una tonelada de metano tendrá 23 veces el impacto de la emisión de una tonelada de dióxido de carbono durante los siguientes cien años. El metano tiene un gran efecto por un breve período (aproximadamente 10 años), mientras que el dióxido de carbono tiene un pequeño efecto por un período prolongado (sobre los 100 años). Debido a esta diferencia en el efecto y el periodo, el potencial de calentamiento global del metano en un plazo de 20 años es de 63.

La concentración de metano en la atmósfera ha aumentado durante los últimos cinco mil años. La explicación más probable de este aumento continuado reside en las innovaciones asociadas al comienzo de la agricultura, sobre todo probablemente al desvío de los ríos para el riego del arroz.^[5]

Hace unos siete mil años, en Oriente Próximo se descubrió la técnica del regadío y luego esta práctica se extendió hasta el sureste asiático y el sur de China, creando así humedales artificiales. En estos humedales, la vegetación crecía, moría, se descomponía y emitía metano.^[5]

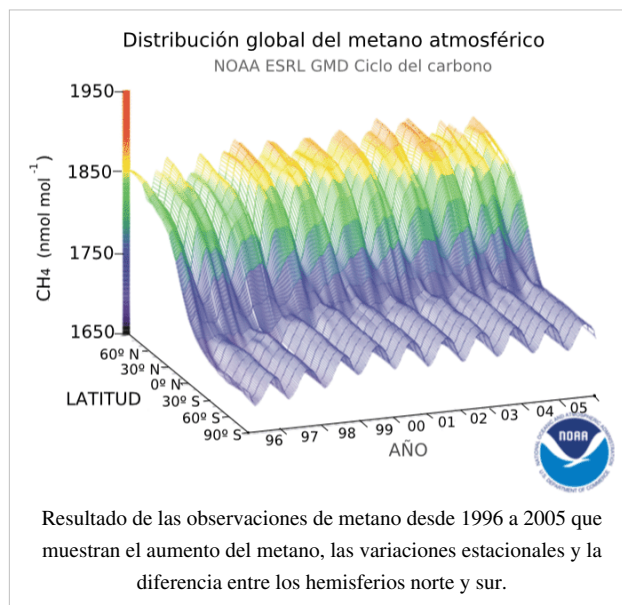
La concentración de metano se ha incrementado un 150% desde 1750 y es responsable del 20% del forzante radiativo total de todos los gases de efecto invernadero de larga vida y distribución global.^[6]

La concentración media de metano en la superficie de la tierra el año 1998 era de 1.745 ppm.^[7] Su concentración es más alta en el hemisferio norte porque la mayoría de las fuentes (naturales y antropogénicas) son mayores en ese hemisferio. Las concentraciones varían estacionalmente con un mínimo a finales del verano.

El metano se forma cerca de la superficie, y es transportado a la estratosfera por el aire ascendente de los trópicos. El aumento de metano en la atmósfera de la Tierra es controlado naturalmente - aunque la influencia humana puede interferir en esta regulación - por la reacción del metano con el radical hidroxilo, una molécula formada por la reacción del oxígeno con el agua.

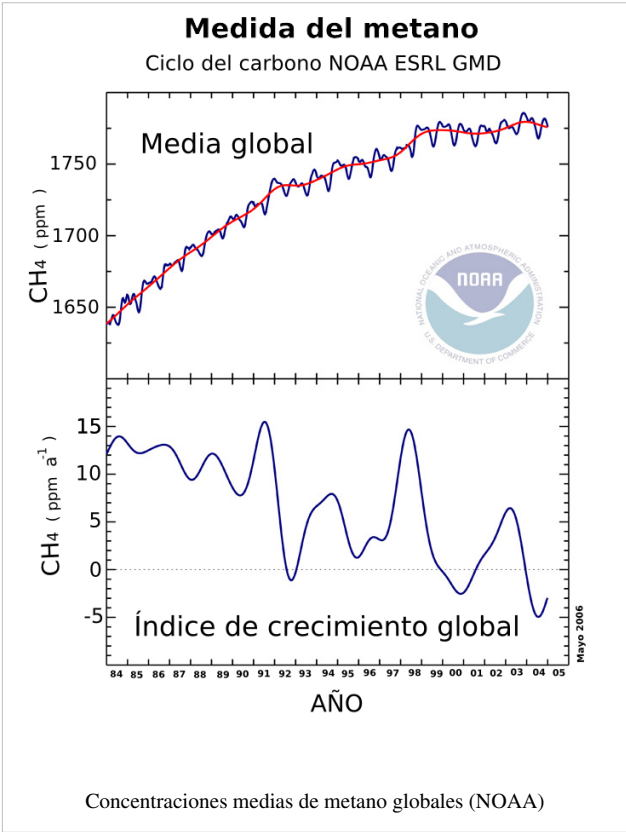
Al principio de la historia de la Tierra - aproximadamente hace 3.500 millones de años había 1.000 veces más metano en la atmósfera que en la actualidad. El metano primordial fue liberado por la actividad volcánica. Fue durante esta época cuando apareció la vida en la Tierra. Entre las primeras formas de vida se encontraban bacterias metanógenas que mediante el hidrógeno y el dióxido de carbono generaban metano y agua.

El oxígeno no fue un componente mayoritario de la atmósfera hasta que los organismos fotosintéticos aparecieron más tarde en la historia de la Tierra. Sin oxígeno al metano podía permanecer en la atmósfera más tiempo y además en otras concentraciones que en las actuales condiciones.



Emisiones de metano

Houweling y cols. (1999) dan los siguientes valores para las emisiones de metano (Tg/a: teragramos por año):^[7]



Origen	Emisiones de CH ₄		
	Masa (Tg/año)	Porcentaje (%/año)	Total (%/año)
Emisiones naturales			
Humedales (incl. arrozales)	225	83	37
Termitas	20	7	3
Océano	15	6	3
Hidratos	10	4	2
Total Natural	270	100	45
Emisiones antropogénicas			
Energía	110	33	18
Basureros	40	12	7
Ganadería de Rumiantes (bovinos)	115	35	19
Tratamiento de desechos	25	8	4
Combustión de Biomasa	40	12	7
Total Antropogénico	330	100	55
Sumideros			
Suelos	30	5	5
OH Troposférico	510	88	85

Pérdida estratosférica	40	7	7
Total sumideros	580	100	97
Emisiones - Sumideros			
Desequilibrio (tendencia)	+20	~2.78 Tg/ppmm	+7.19 ppmm/a

Casi la mitad de la emisión total se debe a la actividad humana.^[6] Las plantas (p. ej. Los bosques) han sido recientemente identificadas como una importante fuente de metano. Un artículo reciente ha calculado unas emisiones anuales de 62-236 millones de toneladas y que esta nueva fuente puede tener implicaciones importantes.^{[8] [9]} Sin embargo, los autores también señalan que sus descubrimientos son preliminares respecto a la importancia exacta de esta emisión de metano.^[10] Las medidas a largo plazo del metano por la NOAA muestran que el aumento de metano en la atmósfera ha disminuido de manera drástica, después de casi triplicarse desde la época preindustrial.^[11] Se cree que esta reducción se debe a la disminución de las emisiones industriales y a la sequía en las zonas de humedales.

Liberación repentina de los clatratos de metano

A altas presiones como las que existen en el fondo del océano, el metano forma un clatrato sólido con el agua, conocido como hidrato de metano. La cantidad de metano que se encuentra atrapada con esta forma en los sedimentos oceánicos es desconocida pero posiblemente sea muy grande, del orden del billón de toneladas.

La hipótesis del "fusil de clatratos" es una teoría que sugiere que si el calentamiento global produce un aumento de la temperatura suficiente de estos depósitos, todo este metano se podría liberar repentinamente a la atmósfera. Debido a que el metano es veintitrés veces más potente (para el mismo peso, en un periodo de 100 años) que el dióxido de carbono como gas de efecto invernadero, amplificaría de manera inmensa el efecto invernadero, calentando la Tierra hasta niveles sin precedentes. Esta teoría serviría también para explicar la causa del rápido → calentamiento global en el pasado lejano de la Tierra, como en el máximo térmico del Paleoceno-Eoceno hace 55 millones de años.

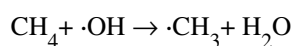
Emisión de metano desde turberas

Aunque menos dramáticas que las de los clatratos, pero ya produciéndose, es un aumento en las emisiones de metano por parte de las turberas mientras el permafrost se funde. Aunque los registros del permafrost son limitados, en años recientes (1999 y 2001) se han batido los récords de deshielo en el permafrost en Alaska y Siberia.

Las medidas recientes en Siberia también muestran que el metano liberado es cinco veces mayor que las estimaciones previas.^[12]

Mecanismos de eliminación

El principal mecanismo de eliminación de metano de la atmósfera es mediante la reacción con el radical hidroxilo, el cual se forma por el bombardeo de los rayos cósmicos sobre las moléculas de vapor de agua.



Esta reacción en la troposfera da al metano una vida de 9,6 años. Dos sumideros más son el suelo (160 años de vida) y la pérdida estratosférica por la reacción con los elementos químicos $\cdot\text{OH}$, Cl y O (^1D) en la estratosfera (120 años vida), dando lugar a una vida neta de 8,4 años.^[7]

El metano en Marte

La presencia demostrada de metano en Marte constituye todavía un misterio y es un posible signo de vida en Marte. La variación estacional de este gas en la atmósfera marciana sugiere que hay una fuente activa de origen geológico o biológico.

Syrtis Majores una de las regiones del planeta rojo donde se origina el metano.

El **metano en Marte** se descubrió en el año 2003 y aparece en la atmósfera marciana en una proporción de 10 partes por 1.000 millones dentro de una atmósfera que en un 95% es de dióxido de carbono.

La sonda europea Mars Express confirmó la presencia permanente de $\rightarrow$ metano que dada la degradación fotoquímica que sufre, sólo se puede explicar si hay una fuente renovable de este gas.

El origen del metano marciano puede ser geológico (volcánico, pero sin embargo no hay evidencias de volcanes superficiales) o biológico. En este segundo caso deberían ser microbios anaerobios que quizá podrían vivir bajo la superficie en una posible agua líquida.

Según publicó la revista Science en enero de 2009, se han empleado detectores de infrarrojos desde telescopios terrestres y se ha podido observar la evolución del metano a lo largo de tres años marcianos (equivalentes a 7 años terrestres) y se ha visto que el metano muestra variaciones en el tiempo y acumulación en ciertas regiones.

Concretamente se ha visto que la fuente principal contenía 19.000 toneladas con una emisión por segundo de 600 gramos.

La vida media del metano en Marte es muy corta, de cuatro años terrestres, y quizás lo degradan oxidantes presentes en el polvo flotante.

Una hipótesis apunta a la presencia de microbios bajo el hielo marciano, donde la radiación podría producir hidrógeno a partir de agua líquida y el CO_2 proporcionar el carbono para producir finalmente metano.

El próximo rover marciano, *MSL*, estará equipado con sistemas para medir metano y determinar qué isótopo de carbono contiene. En caso de tratarse de carbono-12, sería biológico.

Fuentes de metano

Los orígenes principales de metano son:

- Descomposición de los residuos orgánicos por bacterias.
- Fuentes naturales (pantanos): **23%**.
- Extracción de combustibles fósiles: **20%** (el metano tradicionalmente se quemaba y emitía directamente. Hoy día se intenta almacenar en lo posible para reaprovecharlo formando el llamado gas natural).
- Los procesos en la digestión y defecación de animales. **17%**. (Especialmente del ganado).
- Las bacterias en plantaciones de arroz: **12%**.
- Digestión anaeróbica de la biomasa.
- Materia viva vegetal: (Se ha descubierto que plantas y árboles emiten grandes cantidades de gas metano).

El 60% de las emisiones en todo el mundo es de origen antropogénico. Proceden principalmente de actividades agrícolas y otras actividades humanas. La concentración de este gas en la atmósfera se ha incrementado de 0,8 a 1,7 ppm, pero se teme que lo haga mucho más a medida que se libere, al aumentar la temperatura de los océanos, el que se encuentra almacenado en el fondo del Ártico.

Son de la familia homóloga $-\text{CH}_2$ metileno

Propiedades

- Calorías por gramo: 12 kcal
- Calorías por g de CO₂: 4,5 kcal

Véase también

- Alcano
- Clatrato de metano
- Hidrocarburos

Enlaces externos

-  Wikimedia Commons alberga contenido multimedia sobre **Metano**. Commons
- Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España ^[13]: Ficha internacional de seguridad química del metano.

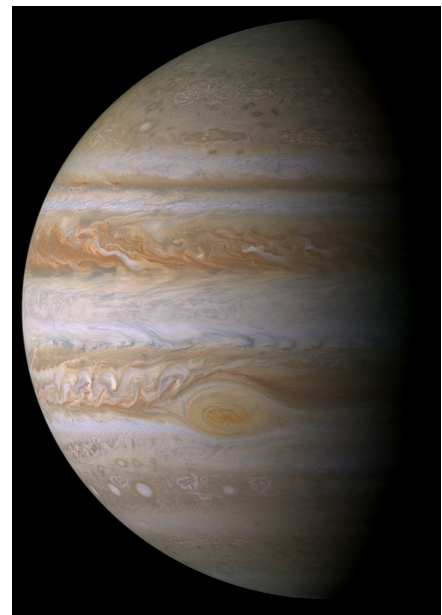
Referencias

- [1] <http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C74828&Units=SI>
- [2] <http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/chemicals1/7/6745.html>
- [3] <http://www.fontpicant.com/drogas/alcohol02-cast.html>
- [4] IPCC Third Assessment Report (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/248.htm)
- [5] William F. Ruddiman, Libro, Madrid, 2008, pag 121
- [6] « Technical summary (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/017.htm)». *Climate Change 2001*. United Nations Environment Programme.
- [7] « Trace Gases: Current Observations, Trends, and Budgets (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/134.htm#4211)». *Climate Change 2001*. United Nations Environment Programme.
- [8] Nature (ed.): .
- [9] BBC (ed.): .
- [10] eurekalert.org (ed.): .
- [11] SCIENTISTS PINPOINT CAUSE OF SLOWING METHANE EMISSIONS (<http://www.noaanews.noaa.gov/stories2006/s2709.htm>)
- [12] BBC (ed.): (2006 -- 09-07).
- [13] <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/201a300/nspn0291.pdf>

Atmósfera

La **atmósfera** (del griego ἀτμός, *vapor, aire*, y σφαῖρα, *esfera*) es la capa de gas que rodea un cuerpo celeste con la suficiente masa como para atraerlo. Algunos planetas están formados principalmente por gases, con lo que tienen atmósferas muy profundas.

Las atmósferas de los planetas del sistema solar



Vista de la activa atmósfera de Júpiter, con la Gran Mancha Roja hacia el centro de la imagen.

Venus



La forma particular de las nubes en Venus se debe a la mayor velocidad del viento a baja latitud.

Venus posee una densa atmósfera. Su presión atmosférica equivale a 90 atmósferas terrestres (una presión equivalente a una profundidad de un kilómetro bajo el nivel del mar en la Tierra). Está compuesta principalmente por dióxido de carbono y una pequeña cantidad de monóxido de carbono, nitrógeno, ácido sulfúrico, argón y partículas de azufre. La enorme cantidad de CO_2 de la atmósfera provoca un fuerte $\rightarrow$ efecto invernadero que eleva la temperatura de la superficie del planeta hasta cerca de 460°C . Esto hace que Venus sea más caliente que Mercurio.

La temperatura no varía de forma significativa entre el día y la noche. A pesar de la lenta rotación de Venus, los vientos de la atmósfera superior circunvalan el planeta en tan sólo cuatro días, alcanzando velocidades de 360 km/h y distribuyendo eficazmente el calor. Además del movimiento zonal de la atmósfera de oeste a este, hay un movimiento vertical en forma de célula de Hadley que transporta el calor del ecuador hasta las zonas polares e incluso a

latitudes medias del lado no iluminado del planeta.

La radiación solar casi no alcanza la superficie del planeta. La densa capa de nubes refleja al espacio la mayor parte de la luz del Sol y gran parte de la luz que atraviesa las nubes es absorbida por la atmósfera.

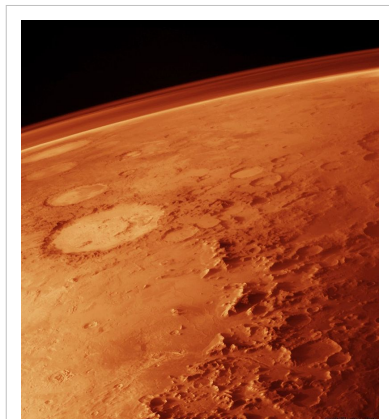
Tierra

La altura de la atmósfera de la → Tierra es de más de 100 km, aunque más de la mitad de su masa se concentra en los seis primeros km y el 75% en los primeros 11 km de altura desde la superficie planetaria. La masa de la atmósfera es de $5,1 \times 10^{18}$ kg.

Está compuesta por nitrógeno (78,1%) y oxígeno (20,94%), con pequeñas cantidades de argón (0,93%), dióxido de carbono (variable, pero alrededor de 0,035%), vapor de agua, neón (0,00182%), helio (0,000524%), kriptón (0,000114%), hidrógeno (0,00005%), ozono (0,00116%), → metano y CFC, entre otros.

La **atmósfera terrestre** protege la vida de la Tierra, absorbiendo en la capa de ozono parte de la radiación solar ultravioleta, y reduciendo las diferencias de temperatura entre el día y la noche, y actuando como escudo protector contra los meteoritos.

Marte



La tenue atmósfera de Marte.

La atmósfera de Marte es muy tenue, con una presión superficial de sólo 7 a 9 hPa frente a los 1013 hPa de la atmósfera terrestre, es decir, una centésima parte de la terrestre. La presión atmosférica varía considerablemente con la altitud, desde casi 9 hPa en las depresiones más profundas, hasta 1 hPa en la cima del Monte Olimpo. Está compuesta fundamentalmente de dióxido de carbono (95,3%) con un 2,7% de nitrógeno, un 1,6% de argón y trazas de oxígeno molecular (0,15%), monóxido de carbono (0,07%) y vapor de agua (0,03%).

La atmósfera es lo bastante densa como para albergar vientos y tormentas de polvo que, en ocasiones, pueden abarcar el planeta entero durante meses. Este viento es el responsable de la existencia de dunas de arena en los desiertos marcianos. La bóveda celeste marciana es de un suave color rosa salmón

debido a la dispersión de la luz por los granos de polvo muy finos procedentes del suelo ferruginoso. A diferencia de la Tierra, ninguna capa de ozono bloquea la radiación ultravioleta. Hay nubes en mucha menor cantidad que en la Tierra y son de vapor de agua o de dióxido de carbono en latitudes polares.

La débil atmósfera marciana produce un efecto invernadero que aumenta la temperatura superficial unos 5 grados, mucho menos que lo observado en Venus y en la Tierra.

En las latitudes extremas, la condensación del dióxido de carbóno forma nubes de cristales de nieve carbónica.

Júpiter

La atmósfera de Júpiter se extiende hasta grandes profundidades, donde la enorme presión comprime el hidrógeno molecular hasta que se transforma en un líquido de carácter metálico a profundidades de unos 10.000 km. Más abajo se sospecha la existencia de un núcleo rocoso formado principalmente por materiales más densos.

En la parte alta de la atmósfera se observa una circulación atmosférica formada por bandas paralelas al ecuador, en la que puede encontrarse la Gran Mancha Roja, que es una tormenta con más de 300 años de antigüedad.

Se observan nubes de diferentes colores que refleja que se forman a distintas alturas y con diferentes composiciones. Júpiter tiene un potente campo magnético que provoca auroras polares.

Saturno

La atmósfera de Saturno posee bandas oscuras y zonas claras similares a las de Júpiter, aunque la distinción entre ambas es mucho menos clara. Hay fuertes vientos en la dirección de los paralelos. En las capas altas se forman auroras por la interacción del campo magnético planetario con el viento solar.

Urano

El planeta Urano cuenta con una gruesa atmósfera formada por una mezcla de hidrógeno, helio y metano, que puede representar hasta un 15% de la masa planetaria y que le da su color característico.

Neptuno

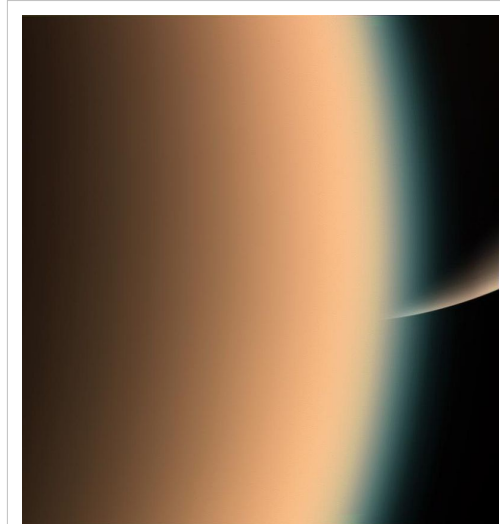
La atmósfera de Neptuno esta formada por hidrógeno, helio y un pequeño porcentaje de gas metano, que le proporciona el color azul verdoso. Sus partículas están levemente más separadas de lo que deberían estar por causa de la temperatura, que es de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, semejante a la de Urano, que está ubicado más cerca del Sol, por lo que se estima que tiene una fuente interna de calor.

Un caso único: la atmósfera de Titán

Titán es la única luna conocida con una atmósfera densa. La atmósfera de Titán es más densa que la de la Tierra, con una presión en superficie de una vez y media la de nuestro planeta y con una capa nubosa opaca formada por aerosoles de hidrocarburos que oculta los rasgos de la superficie de Titán y le dan un color anaranjado. Al igual que en Venus, la atmósfera de Titán gira mucho más rápido que su superficie.

La atmósfera está compuesta en un 94% de nitrógeno y es la única atmósfera rica en este elemento en el sistema solar aparte de nuestro propio planeta, con trazas de varios hidrocarburos que constituyen el resto (incluyendo metano, etano y otros compuestos orgánicos).

La presión parcial del metano es del orden de 100 hPa y este gas cumple el papel del agua en la Tierra, formando nubes en su atmósfera. Estas nubes causan tormentas de metano líquido en Titán que descargan precipitaciones importantes de metano que llegan a la superficie produciendo, en total, unos 50 L/m^2 de precipitación anual.



Detalle de la brumosa atmósfera de Titán. Al fondo puede verse el limbo de Saturno.

Atmósferas muy tenues

La Luna

La Luna tiene una atmósfera insignificante, debido a la baja gravedad, incapaz de retener moléculas de gas en su superficie. La totalidad de su composición aún se desconoce. El programa Apolo identificó átomos de helio y argón, y más tarde (en 1988) observaciones desde la Tierra añadieron iones de sodio y potasio. La mayor parte de los gases en su superficie provienen de su interior.

Mercurio

La sonda Mariner 10 demostró que Mercurio, contrariamente a lo que se creía, tiene una atmósfera, muy tenue, constituida principalmente por helio, con trazas de argón, sodio, potasio, oxígeno y neón. La presión de la atmósfera parece ser sólo una cienmilésima parte de la presión atmosférica en la superficie de la → Tierra.

Los átomos de esta atmósfera son muchas veces arrancados de la superficie del planeta por el viento solar.

Ío

Ío tiene una fina atmósfera compuesta de dióxido de azufre y algunos otros gases. El gas procede de las erupciones volcánicas, pues a diferencia de los volcanes terrestres, los volcanes de Ío expulsan dióxido de azufre. Ío es el cuerpo del Sistema Solar con mayor actividad volcánica. La energía necesaria para mantener esta actividad proviene de la disipación a través de efectos de marea producidos por Júpiter, Europa y Ganímedes, dado que las tres lunas se encuentran en resonancia orbital (la resonancia de Laplace). Algunas de las erupciones de Ío emiten material a más de 300 km de altura. La baja gravedad del satélite permite que parte de este material sea permanentemente expulsado de la luna, distribuyéndose en un anillo de material que cubre su órbita.

Europa

Observaciones del Telescopio espacial Hubble indican que Europa tiene una atmósfera muy tenue (10^{-11} bares de presión en la superficie) compuesta de oxígeno. A diferencia del oxígeno de la atmósfera terrestre, el de la atmósfera de Europa es casi con toda seguridad de origen no biológico. Más probablemente se genera por la luz del sol y las partículas cargadas que chocan con la superficie helada de Europa, produciendo vapor de agua que es posteriormente dividido en hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno consigue escapar de la gravedad de Europa, pero no así el oxígeno.

Encélado

Instrumentos de la sonda Cassini han revelado la existencia en Encélado de una atmósfera de vapor de agua (aproximadamente 65%) que se concentra sobre la región del polo sur, un área con muy pocos cráteres. Dado que las moléculas de la atmósfera de Encélado poseen una velocidad más alta que la de escape, se piensa que se escapa permanentemente al espacio y al mismo tiempo se restaura a través de la actividad geológica. Las partículas que escapan de la atmósfera de Encélado son la principal fuente del Anillo E que está en la órbita del satélite y tiene una anchura de 180.000 km.

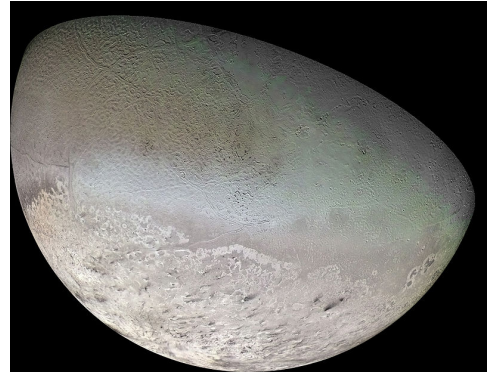
Ariel

Es uno de los 27 satélites naturales de Urano. Su atmósfera está compuesta por amoníaco gaseoso y líquido en su superficie y agua.

Tritón

Tritón tiene un diámetro algo inferior que el de la Luna terrestre y posee una tenue atmósfera de nitrógeno (99,9%) con pequeñas cantidades de metano (0,01%). La presión atmosférica tritoniana es de sólo 14 microbares.

La sonda Voyager 2 consiguió observar una fina capa de nubes en una imagen que hizo del contorno de esta luna. Estas nubes se forman en los polos y están compuestas por hielo de nitrógeno; existe también niebla fotoquímica hasta una altura de 30 km que está compuesta por varios hidrocarburos semejantes a los encontrados en Titán, y que llega a la atmósfera expulsada por los géiseres. Se cree que los hidrocarburos contribuyen al aspecto rosado de la superficie.



Composición en color de Tritón con imágenes tomadas por la Voyager 2.

Plutón

Plutón posee una atmósfera extremadamente tenue, formada por nitrógeno, metano y monóxido de carbono, que se congela y colapsa sobre su superficie a medida que el planeta se aleja del Sol. Es esta evaporación y posterior congelamiento lo que causa las variaciones en el albedo del planeta, detectadas por medio de fotómetros fotoeléctricos en la década de 1950 (por Gerard Kuiper y otros). A medida que el planeta se aproxima al Sol, los cambios se hacen menores. Los cambios de albedo se repiten pero a la inversa a medida que el planeta se aleja del Sol rumbo a su afelio.

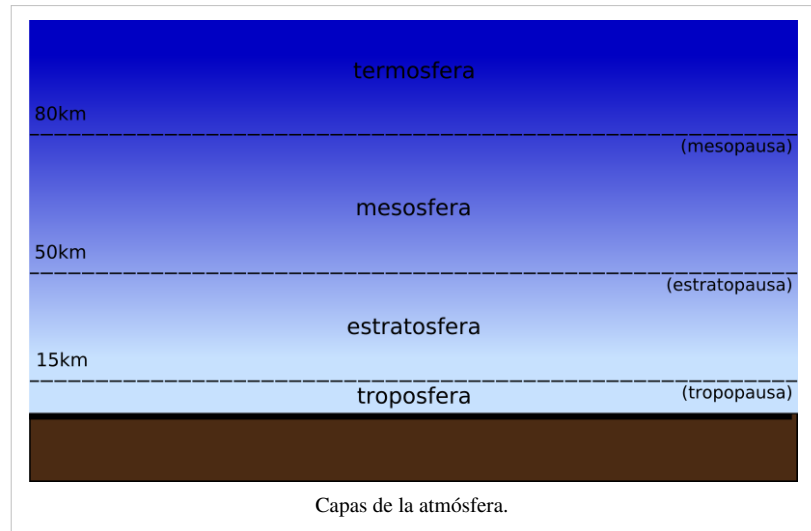
Sedna, Quaoar y 2004 DW

No se sabe con certeza la composición de su atmósfera aunque se cree que está compuesta por hidrógeno, metano y helio.

Capas de la atmósfera terrestre

Troposfera

Es la capa más cercana a la superficie terrestre, donde se desarrolla la vida y ocurre la mayoría de los fenómenos meteorológicos. Tiene unos 8 km de espesor en los polos y alrededor de 16 km en el ecuador. En esta capa la temperatura disminuye con la altura alrededor de $6,5^{\circ}\text{C}$ por kilómetro. La troposfera contiene alrededor del 75% de la masa gaseosa de la atmósfera, así como casi todo el vapor de agua.



Estratosfera

Es la capa que se encuentra entre los 12 km y los 50 km de altura. Los gases se encuentran separados formando capas o estratos de acuerdo a su peso. Una de ellas es la capa de ozono que protege a la Tierra del exceso de rayos ultravioleta provenientes del Sol. Las cantidades de oxígeno y anhídrido carbónico son casi nulas y aumenta la proporción de hidrógeno. Actúa como regulador de la temperatura, siendo en su parte inferior cercana a los -60°C y aumentando con la altura hasta los 10 ó 17°C en la estratopausa.



Mesosfera

Es la capa donde la temperatura vuelve a disminuir y desciende hasta los -90°C conforme aumenta su altitud. Se extiende desde la estratopausa (zona de contacto entre la estratosfera y la mesosfera) hasta una altura de unos 80 km, donde la temperatura vuelve a descender hasta unos -70°C u -80°C .

Ionosfera

Es la capa que se encuentra entre los 90 y los 80 kilómetros de altura. En ella existen capas formadas por átomos cargados eléctricamente, llamados iones. Al ser una capa conductora de electricidad es la que posibilita las transmisiones de radio y televisión por su propiedad de reflejar las ondas electromagnéticas. El gas predominante es el hidrógeno. Allí se produce la destrucción de los meteoritos que llegan a la Tierra. Su temperatura aumenta desde los -73°C hasta llegar a 1500°C .

Exosfera

Es la capa externa de la Tierra que se encuentra por encima de los 800 kilómetros de altura. Está compuesta principalmente por hidrógeno y helio y las partículas van disminuyendo hasta desaparecer. Debido a la baja atracción gravitatoria algunas pueden llegar a escapar al espacio interplanetario. Su temperatura diurna alcanza los 2500 °C y la nocturna se aproxima a -273 °C correspondientes al cero absoluto.

Variación de la presión con la altura

La variación con la altura de la presión atmosférica o de la densidad atmosférica es lo que se conoce como **Ley barométrica**.

No es lo mismo la variación de la presión con la altura en un líquido como el océano que en un gas como la **atmósfera** y la razón estriba en que un líquido no es compresible y por tanto su densidad permanece constante. Así que en el océano rige la fórmula:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

por lo que si la profundidad h se hace doble la presión también.

Para los gases ideales se cumple la ley de los gases perfectos:

- Ley de Charles: "La densidad de un gas a temperatura constante es proporcional a la presión del gas."

Es decir:

$$P = \frac{P_0}{\rho_0} \cdot \rho$$

ya que

$$P \cdot V = P_0 \cdot V_0 = P \cdot \frac{m}{\rho} = P_0 \cdot \frac{m}{\rho_0}$$

- En condiciones normales es decir 0 °C de temperatura y 1 atmósfera de presión, un mol de gas ocupa 22,4 L así que:

$$\rho_0 = \frac{M}{22,4 \text{ litro}} \cdot g$$

donde M es la masa molecular. Para la atmósfera de la Tierra, 20% de O_2 y 80% de N_2 , el peso molecular es:

$$0,2 \cdot 32 + 0,8 \cdot 28 = 28,96$$

por lo que

$$\rho_0 = \frac{28,96}{22,4} \cdot \frac{g}{\text{litro}} = 1,293 \frac{g}{\text{litro}} = 1,293 \cdot \frac{kg}{m^3}$$

Para una presión de 0 °C y P atmósferas:

$$\rho = 1,293 \cdot P \frac{g}{\text{litro}}$$

- Si la presión se mantiene constante "la densidad es inversamente proporcional a la temperatura"

Es decir:

$$\rho = \rho_0 \cdot T_0 \frac{1}{T}$$

ya que:

$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0} = \frac{m}{\rho \cdot T} = \frac{m}{\rho_0 \cdot T_0}$$

Ley de la densidad

Combinando ambas llegamos a la ley de los gases perfectos:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

así que:

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

Cálculo de la densidad atmosférica en la superficie de los planetas

Sabiendo que la constante R de los gases perfectos vale:

$$R = 8,313 \cdot \frac{\text{julios}}{\text{K} \cdot \text{kmol}}$$

y que 1 atmósfera vale:

$$1 \text{ atmósfera} = 1,013 \cdot 10^5 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

resulta:

Planeta	Temp. (K)	Presión (atmf.)	Masa molecular M	Densidad (kg/m ³)
→ Tierra	288	1	28,96	1,225
Venus	738	92,8	44	67,42
Titán	95	1,48	28,6	5,43
Marte	215	0,0079	43,64	0,0195

Ley barométrica

En una atmósfera isoterma la presión varía con la altura siguiendo la ley:

$$P = P_0 \cdot e^{\frac{-M \cdot g \cdot (h - h_0)}{R \cdot T}}$$

donde M es la masa molecular, g la aceleración de la gravedad, h-h₀ es la diferencia de alturas entre los niveles con presiones P y P₀ y T es la temperatura absoluta media entre los dos niveles, y R la constante de los gases perfectos. El hecho de que la temperatura varíe sí limita validez de la fórmula. Por el contrario la variación de la aceleración de la gravedad es tan suave que no afecta.

La demostración de la fórmula es sencilla:

La diferencia de presión entre dos capas separadas por un Δh es:

$$\Delta P = -\rho \cdot g \cdot \Delta h$$

Pero por la **ley de la densidad**

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}$$

Así que:

$$\Delta P = -\frac{P \cdot M}{R \cdot T} \cdot g \cdot \Delta h$$

que por integración se convierte en:

$$\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} = \frac{-M \cdot g}{R \cdot T} \int_{h_0}^h dh$$

es decir:

$$\ln(P) - \ln(P_0) = \frac{-M \cdot g \cdot (h - h_0)}{R \cdot T}$$

por lo que:

$$P = P_0 \cdot e^{\frac{-M \cdot g \cdot (h - h_0)}{R \cdot T}}$$

Incremento de altura

El **Incremento de altura** es la altura a la que hay que elevarse en una **atmósfera** para que la presión atmosférica disminuya a la mitad.

Para calcularla basta con poner en la **ley barométrica** $P = P_0/2$ **resulta:**

$$\Delta h = \frac{R \cdot T}{M \cdot g} \cdot \ln 2$$

Escala de altura

La **Escala de altura** es la altura a la que hay que elevarse en una **atmósfera** para que la presión atmosférica disminuya en un factor $e=2,718182$. Es decir la disminución de presión es $1 - \frac{1}{e} = 0,632 = 63,2\%$

Para calcularla basta con poner en la **ley barométrica** $P = P_0/e$ **resulta:**

$$H = \frac{R \cdot T}{M \cdot g}$$

En función de la escala de alturas H la presión puede expresarse:

$$P = P_0 \cdot e^{-\frac{(h-h_0)}{H}}$$

y análogamente para la densidad:

$$\rho = \rho_0 \cdot e^{-\frac{(h-h_0)}{H}}$$

Cálculo de la Escala de altura en diferentes atmósferas

Basta con aplicar la fórmula anterior para obtener H en metros.

Planeta	Temp. (K)	Ac. gravedad g (m/s ²)	Masa molecular M	Escala altura H (km)	Incremento altura (km)
→ Tierra	288	9,81	28,96	8,42	5,8
Venus	738	8,63	44	16,15	11,2
Titán	95	1,37	28,6	20,15	13,9
Marte	215	3,73	43,64	10,98	7,6
Júpiter	(*)160	26,20	(**)2	25,37	17,6

(*)Temperatura K cerca del límite de las nubes.

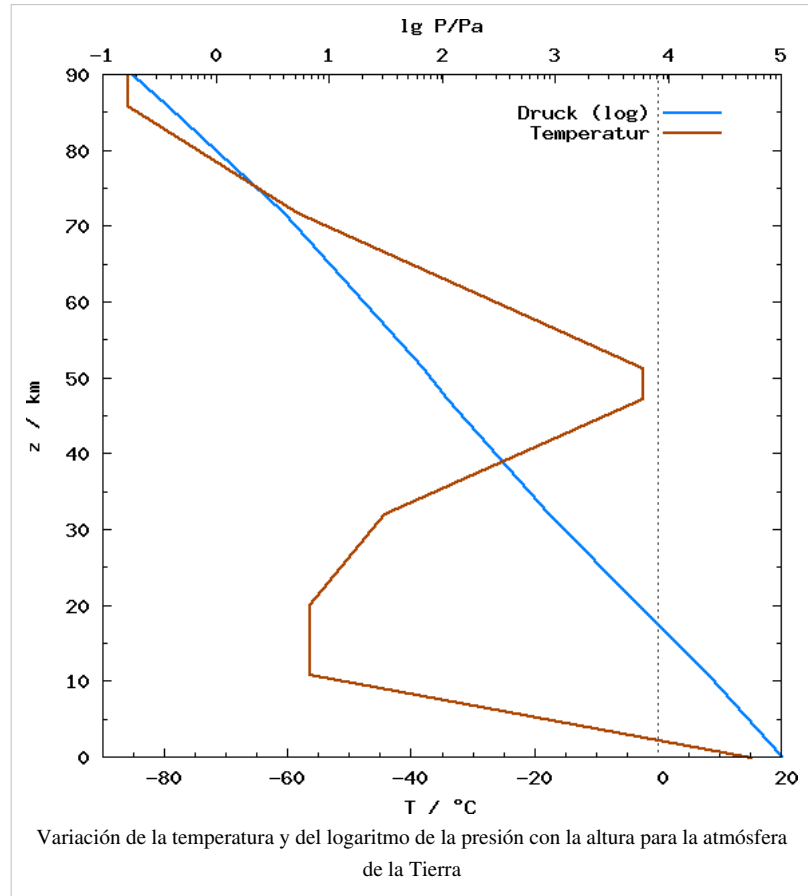
(**) Puede haber suficiente Helio para aumentar la masa molecular disminuyendo la escala de alturas.

Representación de la variación de la presión con la altura

Si representamos el logaritmo de la presión o de la densidad en función de la altura obtendríamos una línea recta si la atmósfera fuese isoterma, es decir, si la escala de altura no variase con la altura. La escala de altura es pequeña si la temperatura es baja y ello significa que la presión y la densidad decrecen rápidamente. Si la temperatura es alta la escala es grande y varían suavemente. Pero la escala de altura también depende de la masa molecular, y masas moleculares altas hacen disminuir la escala de alturas al igual que planetas grandes con elevadas aceleraciones de la gravedad, que también hacen disminuir la escala de alturas y la presión y la densidad decrecen rápidamente.

Así, en un planeta más grande que la Tierra, con idéntica composición atmosférica y temperatura, la densidad y presión cambian más rápidamente

con la altura y se puede hablar de una *atmósfera dura* frente a un planeta menor en el que H sería mayor y la atmósfera sería *blanda*.

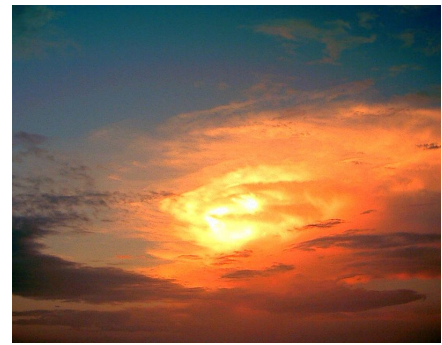


La composición de la atmósfera

El aire que forma la atmósfera es una mezcla de gases que además contiene partículas sólidas y líquidas en suspensión. Éstos son algunos de sus componentes más destacados.

- **Nitrógeno:** constituye el 78% del volumen del aire. Está formado por moléculas que tienen dos átomos de nitrógeno, de manera que su fórmula es N_2 . Es un gas inerte, es decir, que no suele reaccionar con otras sustancias.
- **Oxígeno:** representa el 21% del volumen del aire. Está formado por moléculas de dos átomos de oxígeno y su fórmula es O_2 . Es un gas muy reactivo y la mayoría de los seres vivos lo necesita para respirar.
- **Otros gases:** del resto de los gases de la atmósfera, el más abundante es el argón (Ar), que contribuye en 0,9% al volumen del aire. Es un gas noble que no reacciona con ninguna sustancia.
- **Dióxido de carbono:** está constituido por moléculas de un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno, de modo que su fórmula es CO_2 . Representa el 0,03% del volumen del aire y participa en procesos muy importantes. Las plantas lo necesitan para realizar la fotosíntesis, y es el residuo de la respiración y de las reacciones de combustión. Este gas, muy por detrás del vapor de agua, ayuda a retener el calor de los rayos solares y contribuye a mantener la temperatura atmosférica dentro de unos valores que permiten la vida.
- **Ozono:** es un gas minoritario que se encuentra en la estratosfera. Su fórmula es O_3 , pues sus moléculas tienen tres átomos de oxígeno. Es de gran importancia para la vida en nuestro planeta, ya que absorbe la mayor parte de los rayos ultravioleta procedentes del Sol.

- Vapor de agua: se encuentra en cantidad muy variable y participa en la formación de nubes. Es el principal causante del efecto invernadero.
- Partículas sólidas y líquidas: en el aire se encuentran muchas partículas sólidas en suspensión, como por ejemplo, el polvo que levanta el viento o el polen. Estos materiales tienen una distribución muy variable, dependiendo de los vientos y de la actividad humana. Entre los líquidos, la sustancia más importante es el agua en suspensión que se encuentra en las nubes.



Los distintos colores se debe a la dispersión de la luz producida por la atmósfera.

Véase también

- Anexo:Parámetros de los planetas del Sistema Solar
- Atmósfera terrestre
- International Standard Atmosphere
- La atmósfera como canal de transmisión de luz
- Presión atmosférica
- Aire
- Consultar este término en Wikisource

Enlaces de interés

- Grupo de Física de la Atmósfera (GFAT) de la Universidad de Granada (UGR) ^[1]
la atmosfera

Referencias

[1] <http://caribdis.ugr.es>

Fuentes y contribuyentes del artículo

Cambio climático *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30880497 *Contribuyentes:* 3coma14, A. B. 10, AQSomaini, Achuara, Airunp, Ale flashero, Alex Naga, Alhen, Alvaro qc, Alvarolucenar, Andreasmerpu, Aneitah, Animusvagandi, Antur, Antón Franchó, Ascánder, Asdert43, Astroangel, Atala Martín, Barcex, Behth, Belerofot, Bertie Wooster, BetoCG, BlackBeast, Bonnot, Bucho, Buzange, Camilo, Camima, Cansado, Carlosblh, Carmin, Cesar1994medina, Cobalttempest, Covi, Ctrl Z, Danielba894, David0811, Descansatore, Desmond, Dferg, Diegusjaimes, Digigalos, Diotime, Dora Mori, Dorieo, Ecocibernauta, Edub, Elcaballosedeata, Emijrp, Erfil, FAR, Fev, Gerkijel, Gerwoman, Greek, HUB, Hispa, Huhsunqu, Humberto, Ian Wolff Westrup, Iulius1973, JOSE300, Jaenerisimo, Jarke, Javierito92, Jessdim, Jessica54, Jesussordo, Jjuncal, JoSongoku, Jolpa, Jorgate, JorgeGG, JoseAlcoy, Joseaperez, Juanjosell, Jurock, Kekkyojin, Krapulax, LP, Laura Fiorucci, Link58, Lobo de Hokkaido, Lon Abirisain, Lucien leGrey, LuisArmandoRasteletti, M6596, Mabuse00, Mac, Mak Thorpe, Makete, Maldoror, Manwë, Maoi93, Mapascual, Marcrenye, Marctaltor, Matdroses, Miguel303xm, Mister, Montgomery, Mortadelo2005, Muro de Aguas, Nadiaynarai, Nanente, Necrobi0, Nestor Makhno, Netito777, Nicatoj, Nicolascampione, Nihilo, Nii-nii, Noorosh123, Nosce, Onanymous, Opinador, Oscar ., Pan con queso, Pasquy82, Pau-ren, Peejayem, Pencho15, PoLuX124, Polinizador, Prometheus, Queninosta, Quimicefa, Qwertymith, Raystorm, Retama, Rlmc, Rosarinagazo, RoyFocker, SUBSTRATUM, Sageo, Saloca, Selajinca, Siabef, Sincro, Soulshine, Tano4595, Tatvs, Tequendamia, Tirithel, Tirjos, Tostadora, Txo, Ugly, Vandal Crusher, Veltys, Veon, Vic Fede, Wikinombre, Will vm, WithYouItsPossible, Wricardoh, XaLD, Xavigivax, Xenoforme, Xgarciaf, Xian8 95, Xsm34, Xvazquez, Yeza, 666 ediciones anónimas

Protocolo de Kioto sobre el cambio climático *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31319743 *Contribuyentes:* !o0op, 4aDimension, Aibdescalzo, Airwolf, Alejandrosanchez, Alfredobi, Alhen, Alveolar, Antoniotortosa, Azula, Beta15, BlackBeast, Bucho, Camilo, Comakut, Copenhagen2009, Correogsk, Cratón, Dan Sirak, David0811, Dferg, Diegusjaimes, Digigalos, Dodo, Edmenb, Edub, Emijrp, Eprecambio, Emturan, Erodrigufer, Erri4a, Euratom, Fabiandres793, Feministo, GOTHICK ROSES, Grand Theft Auto, Gusgus, Hawk666, Hispa, Humberto, Ichigo kurosaki, Ictlogist, Isha, Jebb1987, Joseaperez, José.A.Flores, Jpcristian, Julianortega, Jurock, Karipedia, Korocotta, Kved, LP, Latysheva, Lironcareto, Luis1970, Mac, Mafores, Mario modesto, Mariodelrosalcespo, Matdroses, Militari11, Montgomery, Mortadelo2005, Morza, Muro de Aguas, N4D13, Naurhir, Nicop, Nixón, NudoMarinero, Oikoschile, Oximoron2007, Palica, Pau-ren, Paz.ar, Pdfebara, Petronas, PoLuX124, Poco a poco, Prometheus, Quintanar, Ranf, Ratchet, Roberpl, Roche, RoyFocker, Sanbec, Schumi4ever, Sebas236, Silvestreubon, Snakeyes, SubdelegadoZero, Tano4595, Tirithel, Tomaspio, Tomatejc, Tony Rotondas, Triku, Txuspe, Vic Fede, Vivimeneses, Yakoo, Yoelquintoelemento, Yonderboy, Zam, 416 ediciones anónimas

Calentamiento global *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31310799 *Contribuyentes:* Airunp, Airwolf, Alandalusia, Alberto Salguero, Albireo3000, Alejandrosanchez, Alexav8, Alfredobi, Alhen, Alveolar, Amadís, Andreasmerpu, Angel GN, Angela, Antón Franchó, Anubis-mx, Aolmedo, Aparicioaceido, Argie01, Atavico, Baiji, Balderai, Belerofot, Bertie Wooster, Beto29, Billmisaell000, Breank, C'est moi, Camilo, Centeno, Chabacano, Chispis, Cholga, Cobalttempest, Covi, Ctrl Z, Czajko, DJ Nietzsche, David0811, Deeck, Desatona0, Dferg, Dhidalgo, Dianai, Diegusjaimes, Diotime, Dodo, Drini, Dropzink, Ecemaml, Elpapoman, Elsonido, Emijrp, Er Komandante, Espigaymostaza, Euratom, F.A.A, FAR, Fabiandres793, Fendar7, Fev, Fibonacci, Filipo, Flafus, FrancoGG, Frango com Nata, Gabriel Abril, Gafotas, Garber, Gothmog, Gran Coyote, Greido55, Gusgus, HUB, Hawk666, Humberto, Ingolll, J.delanoy, JMPerez, Jaenerisimo, Jag2k4, Jarfil, Javiercmh, Javierito92, JdeTeresa, Jmko, JoSongoku, JorgeGG, Jorgechp, Jorgejhms, JoseAlcoy, Joseaperez, Judal08, Julie, Karshan, Keysmaker, Komputisto, LP, LTB, Laruto25, Link4000, Loco085, LokoPastor, LyingB, Mac, Mahadeva, Maldoror, Maleazul, Mandrake33, Mansoncc, Manucas, Manuel15, Manwë, Mariordo, Matdroses, Mel 23, Mguatus, Miguero, Monodetrescabezas, Montgomery, Moriel, Mortadelo2005, Mpeinadopa, Muro de Aguas, Mushii, Máximo de Montemar, Naiu, Nanahuatzin, Nicollas003, Nicop, Nihilo, Niplos, Nueva era, Obscur0, Oikoschile, Palica, Paz.ar, Petronas, Pipe0807, Platonides, PoLuX124, Qazvswx, Ralphloren171, Rata 0071, Reginocova, Renzo 332, Rodrigo, Rodrigo Gonzalez, Rogelios, Rosarinagazo, Rosarino, Rsg, S.Schück, Sabbut, Santiago matamor, Serg'lo, Shooke, Soulshine, Stay cool, Taichi, Tano4595, Tatvs, Template namespace initialisation script, Tirithel, Tomatejc, Tostadora, TxemaFinwe, Vanessalexandra, Varano, Victormoz, Viejodelabolsa, Viento Turquesa, Vyperx1, Wikiküntscher, Wilfredor, Willtron, Woallene, XaLD, Xenoforme, Xgarciaf, Yayoloco, Yeza, Youssefsan, 447 ediciones anónimas

Mediciones de temperatura por satélite *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=27342939 *Contribuyentes:* Avigailceballos, Galaxy4, Gusgus, JMPerez, Muro de Aguas, Nico naturales, Santiago matamor, Tano4595, 2 ediciones anónimas

Efectos potenciales del calentamiento global *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30878373 *Contribuyentes:* Aeder, Andreasmerpu, Bucho, C'est moi, Cipión, Cobalttempest, David0811, Diegusjaimes, Diotime, Dreitmen, Drini, Edmenb, Eric, Ezarate, Icostago, Isha, Ifigito, Jorgejhms, Kanington, Mapascual, Matdroses, Miguemmann, Mokimoki, Muro de Aguas, Netito777, Nihilo, Nopetro, ObocCrack, PoLuX124, Polinizador, Samuel92, Segedano, 133 ediciones anónimas

Influencia antropogénica sobre el clima *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30639836 *Contribuyentes:* Asiermz, Bertie Wooster, BlackBeast, Cespinoza, Diotime, Emijrp, Gerwoman, Gragry, JAQG, Javierito92, Kadellar, Kokoo, LP, Mak Thorpe, Manuel15, Montgomery, Mortadelo2005, Nihilo, Ortisa, Polinizador, Rosarinagazo, Tano4595, Tomatejc, Varano, XaLD, Xenoforme, 36 ediciones anónimas

Efecto invernadero *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31193516 *Contribuyentes:* Aegidus, Airunp, Albasmarko, Alfredobi, Alvaro qc, Angel GN, Angus, Antur, Arcibel, Artecma, Artemor, Asdff, Baiji, Barteik, Beto29, BetoCG, Bucephala, Camilo, Caradhras10, Carmin, CartDestr, Chewie, Cinabrium, Comae, Covi, Ctrl Z, D-Paolis, Dante93, David0811, Delphidius, Der Kreole, Dermot, Devilmaycryinuyasha, Dferg, Dianai, Diego Caro, Diegusjaimes, Dodo, Drini, Edub, Egaida, Eli22, Emijrp, Er Komandante, Euratom, Filipo, FrancoGG, Fredericrojas, Fundacion, Greek, Gusgus, HUB, Hanibaal, Humberto, Isha, JDE, Jaggedlittlepill, Jaimemontoya1, Jesebi, JorgeGG, Joselarrucea, Jrmachacaccr, Jtranas, Juanbazan38, Julie, Komputisto, Kved, LP, Lombricitotiji, Lucien leGrey, Ludavim, LyingB, Mahadeva, Maldoror, Manuel15, Marcrenye, MarhaultElsdragon, Marvelshine, Matdroses, Miguel303xm, Molta, Montgomery, Muro de Aguas, Máximo de Montemar, Netito777, Nicop, Nihilo, Niplos, Obelix83, Omalvara, Ortisa, Pan con queso, Paz.ar, PoLuX124, Queninosta, Racso, Ravave, Retama, Rondador, Rosarinagazo, RoyFocker, Saloca, Saniel, Snakeyes, Szczepan1990, Tano4595, Taragui, Tatan36, Terasu, Tirithel, Tostadora, Triku, Truor, Varano, Vic Fede, Vitamine, Walter closer, Wricardoh, Xenoforme, Xgarciaf, Zam, Zeni 1995, 497 ediciones anónimas

Gas de efecto invernadero *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31195689 *Contribuyentes:* Ale flashero, Baiji, BillGatos, Cinabrium, Covi, Diegusjaimes, Dodo, Erri4a, Fernando Estel, Guille, HUB, Isha, Josell2, Karipedia, Katejuli, Kved, LP, Laura Fiorucci, Mafores, Manuelito63, Matdroses, Mbll, Mocu, Molta, Montgomery, Niplos, NudoMarinero, Ortisa, Paz.ar, PoLuX124, Richy, Sennaciulo, Tano4595, Zedgim, Zeist Antilles, 114 ediciones anónimas

Óxido de carbono (IV) *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31308565 *Contribuyentes:* Sergio, 3coma14, Airunp, Alexav8, Alhen, Andreasmerpu, Antur, Antón Franchó, Balderai, Barcex, Beagle, Bengoa, BlackBeast, Camilo, Caraculosinculo, Carlosblh, Cdertgb, Covi, Deidara24, Delphidius, Diegusjaimes, Digigalos, Dodo, Dorieo, Egaida, Ejmeza, Eli22, Ener6, Erfil, Erodrigufer, Etreni, FAR, Felipealvarez, Fundacion, Galio, GermanX, HUB, Humberto, Ingolll, Interwiki, J.mendiola, Javierito92, Jclerman, Jyvac, Jlsd89, Jomra, JorgeCortes, Joseaperez, Karshan, Kernal pelac, Kojie, Kordas, Kved, LP, Lungo, Maldoror, Marcrenye, Matdroses, Miguel A. Ortiz Arjona, Montgomery, Moriel, Mortadelo2005, Mperceval, Mr. Bep, Muro de Aguas, NACLE, Netito777, Nicolecalmet, Nixón, NudoMarinero, OMenda, Oscar ., PACO, Periku, Perspectiva8, Pitxulin1, Pol Martínez, Quesada, Rjvels, RoyFocker, Rufo37, Sabbut, Saloca, Sauron, SultanICQ, Tano4595, Template namespace initialisation script, Tirithel, Tomatejc, Tosiani, Triku, Tuaaaano, Uruk, Veon, Vitamine, Wilfredor, Xgarciaf, Youssefsan, Zam, 261 ediciones anónimas

Ciclo del carbono *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31308429 *Contribuyentes:* Aibdescalzo, Alejandrosanchez, Alvaro qc, Arria Belli, Axxgreazz, BlackBeast, Bucho, Cally Berry, Camilo, Cinabrium, Cobalttempest, David0811, Delossantos, Delphidius, Dermot, Dferg, Dianai, Diegusjaimes, Dorieo, Federico Galli, GermanX, Greek, Guille, Hispa, Humberto, Hurkan, Isha, Jarisleif, Jose803, Khroz2rdrez, Kved, LP, Laura Fiorucci, Lolita lucatolor rivera, Lucien leGrey, Manuel15, Manwë, Matdroses, Montgomery, Montym, Mortadelo2005, Mosca, Muro de Aguas, Netito777, Nicop, Nixón, Ortisa, Oscar ., PoLuX124, Ppja, Prietoquilmes, RoyFocker, Rrmsjp, Shaman dalton, Sigmanexus6, SpeedyGonzalez, Tano4595, Tecnotron, Tirithel, Txo, Vic Fede, Vitamine, Wricardoh, Xavigivax, Yleon, 359 ediciones anónimas

Combustible fósil *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31230028 *Contribuyentes:* Adamk, Airunp, Akhram, AlGarcia, Alhen, Aquamane, Ascánder, AstroNomo, Ca in, Carmin, Correogsk, David0811, Diegusjaimes, Digigalos, Dodo, Efége, Greek, Humberto, Interwiki, Jorge Ianis, Manuel15, Marinapoisot, Matdroses, Miikaah, Molta, Moriel, Mortadelo2005, Muro de Aguas, Ortisa, Pan con queso, PhJ, PoLuX124, Prietoquilmes, Renacimiento, Resped, Retama, Robespierre, Rosarinagazo, Sauron, Siabef, Siquisai, Tamorlan, Tano4595, Trunks, 121 ediciones anónimas

Deforestación *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31202571 *Contribuyentes:* ---Mariel....Avelar---, A ver, Agus ferrocarril, Alberto Salguero, Alexan, Alexav8, Alfredobi, Andinia, Antur, Axxgreazz, Camilo, Centeno, CherryMuse, Cobalttempest, Crisneda2000, Ctrl Z, David0811, Delphidius, Der Kreole, Dhidalgo, Diegusjaimes, Diotime, Don Evaristo de la Garza y Garza, Drini, Elabra sanchez, Elmoror, Espilas, FCPB, Filipo, FrancoGG, Greek, Guevonaso, Hameryko, House, Humberto, Ingolll, Isha, Javierito92, Jesussordo, JoSongoku, JoseAlcoy, Kved, L'AngeGardien, LP, Lasai, Loco085, Lucien leGrey, Luis ferrari, MILEPRI, Mahadeva, Margaycarlos, Matdroses, Michelangelo-36, Montgomery, Moriel, Msiggye, Muro de Aguas, Mutari, Netito777, Nixón, Ortisa, Patxi Aguado, PhJ, PoLuX124, Raystorm, Sargu, Shun2095, Srengel, Taichi, Tano4595, Taragui, Telemonica, Tirithel, Tlacuache, Truor, Ummowoa, Valencia95, XAvleRS03, Xexito, YendoPorAca, Youssefsan, 243 ediciones anónimas

Biodiversidad *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31262996 *Contribuyentes:* Acade365, Airunp, Ale flashero, Alejandrosanchez, Alfredobi, Aloneibar, Andreasmerpu, Antur, Arrobanda, Ascánder, B1mbo, BL, Behemot leviatan, Bethan 182, BetoCG, C'est moi, CASF, Camilo, Chabacano, Chuck es dios, Cobalttempest, Darwin1995, David0811, Diegusjaimes, Ecancinos, Edmenb, Edwinds, Elenyor, Enric carrera, Ente X, Erfil, F.A.A, FAR, Fatima gonzalez, Fher Kobain Mora, Filipo, Fran B. E., FrancoGG, Frutoseco, Furado, Gafotas, Gerwoman, Greek, Gusgus, Hammer ortiz, Humberto, Ictlogist, Im bad to the bone, Interwiki, Isha, Iulius1973, JEDIKNIGHT1970, Jarisleif, Jorgechp, Jorgesotovillanueva, JoseAlcoy, Jredmond, Karshan, Komputisto, Kved, LP, LadyInGrey, Lavoisier 14, Luchoaprendiz, Lucien leGrey, Lygeum, Lázaro, Manwë, Marifernan, Matdroses, Mbgxxl, Mercenario97, Miik Ezdanitoff, Mpeinadopa,

Muro de Aguas, Mushii, Netito777, Nicop, Ninovolador, Nixón, Ohrr 250, Oikoschile, Orrego, Ortisa, Pablovp, Pan con queso, Patron, PoLuX124, Poco a poco, Polinizador, Pozosdulces, Raystorm, Retama, Roberpl, Rosarinagazo, RoyFocker, Sanbec, SanchoPanzaXXI, SpeedyGonzalez, Squalo, Taichi, Tano4595, Tirithel, Tony Rotondas, Tortillovsky, Translationshm, Trotas, Universal001, Valadrem, Venex, Wastingmytime, Weser, Xenoforme, Yeza, Yonderboy, Zam, Zufz, Zupuez zeta, 466 ediciones anónimas

Paleoclimatología *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=28525805> *Contribuyentes:* Alberto Salguero, Alejandrosanchez, Balderai, Cyrano77, Echani, Emijrp, F.A.A, Gafotas, Programatesis, Rosarinagazo, Serglo

Corriente marina *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30830153> *Contribuyentes:* Alvaro qc, Amirapuato, Angus, Antur, BL, BlackBeast, Bucho, Camilo, Cêsar, DESE, Dferg, Diegusjaimes, Dodo, Drini, FAR, Fev, Garber, Haylli, Humberto, Isha, Jarisleif, L30nc1t0, LP, Maldoror, Manwë, Matdrones, Muro de Aguas, Netito777, Niceforo, Nihilo, Ninovolador, Ortisa, Petronas, Pilaf, Rjgalindo, Santiperez, Sigmanexus6, Superzerocool, Taichi, Thingg, Tony Rotondas, Urdangaray, Vitamine, Wasabo, Yeza, 220 ediciones anónimas

Demografía *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31194452> *Contribuyentes:* Airunp, Alidana, Andres tamayor, Antur, Barbafer, Barcex, Beto29, BigWalterio, Bigsus, Camilo, Carmin, Correogsk, Cuate5, Davius, Dhidalgo, Diegusjaimes, Diegomez, Digigalos, Ecemaml, Ellibriano2, Emijrp, Eojedal, Fev, Filipo, Gafotas, Gandalford, Gerwoman, Greek, HUB, Hashar, Hu12, Huhsunqu, Isha, Jcruzmorales, Joseperez, Julian Colina, Kved, LeCire, Locotron, Loly632, MVF, Mafores, Maldoror, Manuelt15, Manwë, Marcetw, Martha lucia rodriguez, Matdrones, Michelangelo-36, Murphy era un optimista, Netito777, Nicop, Numbo3, Pabloes, Petronas, PoLuX124, Prietoquilmes, RAFAEL GOZO, Ravave, RckR, Rodriguillo, RoyFocker, Royo94, Sabbut, Saloca, Sofixfox, SpeedyGonzalez, Tano4595, Tlálac, Tony Rotondas, Ugly, Varano, Vic Fede, Ximena faundez, Yakoo, Yrithinnd, 215 ediciones anónimas

Tierra *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31266531> *Contribuyentes:* José., Sergio, 3coma14, AFLastra, Aalvarez12, Adrian Galan, Alberto Salguero, Alfonsomx1974, Alhen, Alvaro qc, Amadis, Anagarmol, Andreoliva, AngelitoMagno, Antur, Antón Franchó, Aparejador, Art08, Aristides Herrera Cuntti, Ascánder, AstroNomo, Atlass, Baiji, Beto29, BetoCG, BlackBeast, Bradfield, C3RV4NTE5, CASF, Camilo Barcelona Alcázar, Cantus, Caqui, Carl Evan, Carlos L.H, Carlos Quesada, Chabacano, Changcho, Ciencia Al Poder, CloudNine, Cobalttempest, Comae, Cookie, Correogsk, Damifb, Danielba894, David0811, Defcon2, Deleatur, Dermot, Dferg, Dhidalgo, Dictablada, Dionisio, Djsamuel, Dodo, ENRIQUE GUARDIA, Edu re3, Ejmeza, Eloy, Elultimolicantropo, Emiharry, Emijrp, Escarapela, FAR, Fcuetto, Felipebachomo, Felipealvarez, Fev, Fpintod, Francisco Mochis, FrancoGG, Furado, Gaeddal, Gaianauta, Gengiskanhg, Greek, HUB, Halosecrets0032, Hashar, Highpriority, Hprmedina, Hugo.arg, Humberto, ILVI, Icvav, Iniciarsesion, Interwiki, Isha, J35ux, JMCC1, Jashiph, Jesuson63, Jorge horacio richino, Jorghex, Joseaperez, Joselarrucea, Jtico, JuanPaBJ16, Julie, Jynus, K0n7r0vrzy, Kanto, Kokoo, Kordas, Krysthyan, Kved, LP, LauraHM, LeonardoRob0t, Limbo@MX, Lin liniao, Locos epraix, Lourdes Cardenal, Luis marchand, Lázaro, M.S, MARC912374, MILO, Mafores, Maldoror, Mampato, Manuel González Olaechea y Franco, Manuel Piñero, ManuelGR, Manuguay, Manwë, Martinwilke1980, Marvelshine, Matdrones, Maveric149, Metalera, Metamario, Miguel303xm, Montgomery, Moriel, Mortadelo2005, Muro de Aguas, Mushii, Nanow Jesús Madrid, Navelegante, Nerk, Netito777, Nida, Nihilo, Niko guti2006, Ninovolador, Noan, Npulidom, NudoMarinero, Nurdomi, Okie de Oklahoma, Ornitododo, Oscar., Overdas, P.o.l.o., Pablo323, Pabloallo, Pabloperi, Paintman, Palcianeda, Pati, Pec, Petogo, Phoenixfuego, Pinar, PoLuX124, Poniol60, Qubit, Queninosta, RafaGS, Ranma sb15, Rastrojo, Richey, Rikardo gs, Roberto Fiadone, Rodelar, Rodrigo colimodio, Romanovich, Rosarinagazo, Rosarino, SDJuanma, Sa, Sabbut, Sanbec, Santiperez, Sigmanexus6, Snakeyes, Sr Beethoven, Stars, Stich, Tano4595, Telfon, Template namespace initialisation script, Thanos, Thor8, Thunderbird2, Tico, Timour, Tintero, Tortillovsky, Tosin2627, Triku, Tsurname, Tuncket, Txuspe, Uderimo, Uruk, VARGUX, Vaguilar0110, Veon, Vic Fede, Victormoz, Vitamine, Wadim, Weuc, Wiki Winner, Wmagudelo, Wricardoh, XaID, Xarcken, Xavigivax, Xenoforme, Xgarciaf, Yeza, Yrithinnd, Zeist Antilles, Zifra, Zujany, Zyder, conversion script, Ángel Luis Alfaro, 527 ediciones anónimas

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=29795925> *Contribuyentes:* Abelacoa, Alfredobi, Azula, Bufalo 1973, Delphidius, Digigalos, Euratom, JMCC1, Jmorbla, JorgeGG, Joseaperez, Juampayo, Manuel Ruiz Rubio, Mariordo, Muro de Aguas, Nihilo, Numbo3, Pasquy82, Petronas, Ppja, Romanc19s, RoyFocker, Sersalda, Taichi, Yonderboy, 25 ediciones anónimas

Biosfera *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31225070> *Contribuyentes:* Airunp, Alexav8, Alvaro qc, Andreasmperu, Ascánder, Balderai, BlackBeast, Camilo, Damifb, David f rios, David0811, Dianai, Diegusjaimes, Dodo, Drini, Emiharry, Er Komandante, Erfil, F.A.A, FAR, FrancoGG, Gejotape, Gengiskanhg, Gurgut, Gusgus, Gustronico, Horatiux, House, Humberto, Icvav, Izaberu, Jean Victor Bernier, Joseaperez, Josny, Jredmond, Kenbill, Computisto, LP, Laura Fiorucci, Lourdes Cardenal, Maldoror, Manuelt15, Manwë, Matdrones, Millars, Montgomery, Moriel, Mr. Benq, Nahuel.Willy, Netito777, Nicop, Nixón, Papipox, Petronas, PoLuX124, Racso, Santiperez, Solracxealz, Superzerocool, Taichi, Tano4595, Thingg, Traserocompacto, Vic Fede, Vicaram, Vizcaino, Xinese-v, 244 ediciones anónimas

Metano *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30742899> *Contribuyentes:* 3coma14, 4lex, Ahambhavami, Alvaro qc, Aparejador, AstroNomo, Barcex, Carmin, Cdergb, Celeron, Codinas, Didac, Diegusjaimes, Dodo, Dragon blader, Drini, Eli22, Eva124, Favs76, Florencio, Fraaan central, HUB, JFCSvalencia, JavierH2SO4, Joseaperez, Kaprak, Lambda, Lobillo, Lourdes Cardenal, Lupinoid, Maldoror, Matdrones, MayaZero, Moriel, Muro de Aguas, Niqueco, Ortisa, Pepealo 11, Pit, PoLuX124, Quesada, Rosarinagazo, Solidiguana, Tano4595, Tirithel, Triku, Txuspe, Xenoforme, 132 ediciones anónimas

Atmósfera *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?oldid=31223765> *Contribuyentes:* A ver, Afterthewar, Airunp, AlGarcia, Aleposta, Alexav8, Amadis, Amorde2, Andreasmperu, Antur, Antón Franchó, Apocalixix, Babobabo, BatteryIncluded, BlackBeast, Bucephala, Bucho, Caaatiiitaaa, Cacuija, Cally Berry, Camilo, Carmin, Chrisvastron, Cobalttempest, Concolor, Cratón, Ctrl Z, Dark, Descansatore, Dferg, Dhidalgo, Diegusjaimes, Drini, Emijrp, Er Komandante, Espilas, FAR, Fersanes74, Gaius iulius caesar, Gallowolf, Gons, Greek, Gustavocarra, HUB, Humberto, Ingjulian, Isha, Jfafjaf, Jmcalderson, Joaquín Martínez Rosado, Jugones55, Kordas, Kved, Laura Fiorucci, Makete, Masterzloko, Matdrones, Mellamojaja, Muro de Aguas, Mutari, Netito777, Nicop, Nihilo, P.o.l.o., Pacoperez6, Pan con queso, Pediawisdom, Pedro Nonualco, Pepulo, Petronas, PoLuX124, Ppja, Ramiramaa, Ravave, Raystorm, Rosarinagazo, Silentsnow, Vic Fede, Vigilant, Virgi, Vitamine, Walter closser, Xgarciaf, Xosema, Xvazquez, Yleon, 319 ediciones anónimas

Fuentes de imagen, Licencias y contribuyentes

Imagen:Question book.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Question_book.svg *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Javierme, Loyna, Remember the dot, Victormoz, 3 ediciones anónimas

Archivo:Venus globe.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Venus_globe.jpg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* NASA

Archivo:SurfaceTemperature.jpg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:SurfaceTemperature.jpg> *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* AngeloIeithold, Duesentrieb, EugeneZelenko, Jdorje, Patrick, Pekachu, Telim tor

Archivo:MonthlyMeanT.gif *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:MonthlyMeanT.gif> *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:PZmaps

Archivo:Solar-cycle-data.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Solar-cycle-data.png> *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* Dragons flight, Lampman, Mgc8, Nils Simon, WikipediaMaster, Xenoforme, Xiong Chiamiov, 2 ediciones anónimas

Archivo:Pangea pl gi ubt.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Pangea_pl_gi_ubt.png *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* user:tsca

Archivo:Gulf Stream water temperature.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Gulf_Stream_water_temperature.jpg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Donna Thomas/MODIS Ocean Group NASA/GSFC SST product by R. Evans et al, U. Miami

Archivo:The Earth seen from Apollo 17.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:The_Earth_seen_from_Apollo_17.png *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Avron, Dbenenn, Duesentrieb, Ed g2s, Elipongo, Hairy Dude, Juiced lemon, Sevela.p, WinTakeAll, Yonatanh, Ævar Arnþjórb Bjarmason, 5 ediciones anónimas

Archivo:Global Carbon Emission by Type to Y2004.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Global_Carbon_Emission_by_Type_to_Y2004.png *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:Mak Thorpe

Archivo:CO2-variations hg.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:CO2-variations_hg.png *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:Hgrobe

Archivo:NASA T° 1881-1992 Echuca, Australia.gif *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:NASA_T°_1881-1992_Echuca_Australia.gif *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* NASA

Archivo:Cambio climatico.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Cambio_climatico.jpg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Wricardoh

Image:Wikinews-logo.svg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Wikinews-logo.svg> *Licencia:* logo *Contribuyentes:* User:Simon, User:Time3000

Archivo:Spanish Wikiquote.SVG *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Spanish_Wikiquote.SVG *Licencia:* logo *Contribuyentes:* User:James.mcd.nz

Image:Kyoto Protocol participation map 2009.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Kyoto_Protocol_participation_map_2009.png *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:Emturan

Imagen:Commons-logo.svg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Commons-logo.svg> *Licencia:* logo *Contribuyentes:* User:3247, User:Grunt

Imagen:N write green black.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:N_write_green_black.svg *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* User:Remember the dot, user:h2g2bob

Archivo:Global Warming Predictions.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Global_Warming_Predictions.png *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* Bastique, Dragons flight, Er Komandante, Kallerna, Para, Pflatau, 13 ediciones anónimas

Archivo:Temperature1900-2004.jpg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Temperature1900-2004.jpg> *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* User:Hanno

Archivo:CO2-417k.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:CO2-417k.png> *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* User:Hanno

Archivo:Mauna Loa Carbon Dioxide.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Mauna_Loa_Carbon_Dioxide.png *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* Dragons flight, Kall-78, Nils Simon, Rémiur, Superm401, Sémhur, Wknight94, 7 ediciones anónimas

Archivo:Global Warming Map.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Global_Warming_Map.jpg *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M. Smith, D.C. Stokes, and W. Wang

Archivo:Recent Sea Level Rise.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Recent_Sea_Level_Rise.png *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* ALEI, Angrense, Dragons flight, Glenn, Pflatau, Smith609, 1 ediciones anónimas

Archivo:Rss-msu-annual-1979-2004-etc.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Rss-msu-annual-1979-2004-etc.png> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* User:William M. Connolley

Archivo:Briksdalsbreen_(03_272).jpg *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Briksdalsbreen_\(03_272\).jpg](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Briksdalsbreen_(03_272).jpg) *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* User:GeorgHH, User:Vicogo

Archivo:AYool GLODAP del pH.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:AYool_GLODAP_del_pH.png *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* Plumbago

Archivo:Circulacion termohalina.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Circulacion_termohalina.jpg *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* User:Luis Fernández García

Archivo:Field, corn, Liechtenstein, Mountains, Alps, Vaduz, sky, clouds, landscape.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Field_corn_Liechtenstein_Mountains_Alps_Vaduz_sky_clouds_landscape.jpg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* User:Paranoid

Archivo:Arctic Ice Thickness.gif *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Arctic_Ice_Thickness.gif *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Alfio, Maksim, Telim tor, Tom, W!B:

Archivo:Carbon Emis by Region.es.jpg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Carbon_Emis_by_Region.es.jpg *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:Ortisa

Archivo:temp60.jpg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Temp60.jpg> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Original uploader was Xenoforme at es.wikipedia

Archivo:NoPruebas.jpg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:NoPruebas.jpg> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* Original uploader was Xenoforme at es.wikipedia

Archivo:Sun climate system alternative (Spanish) 2008.svg *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Sun_climate_system_alternative_\(Spanish\)_2008.svg](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Sun_climate_system_alternative_(Spanish)_2008.svg) *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:Chabacano

Archivo:Mauna Loa Carbon Dioxide-es.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Mauna_Loa_Carbon_Dioxide-es.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Robert A. Rohde from NOAA published data and is incorporated into the Global Warming Art project.

Archivo:Gases de efecto invernadero.es.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Gases_de_efecto_invernadero.es.png *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:DouglasGreen, User:Ortisa

Archivo:Radiative-forcings.es.svg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Radiative-forcings.es.svg> *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:Ortisa

Image:John Tyndall (ca. 1885).jpg *Fuente:* [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:John_Tyndall_\(ca._1885\).jpg](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:John_Tyndall_(ca._1885).jpg) *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* Unknown

Image:Arrhenius2.jpg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Arrhenius2.jpg> *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* ChVA, Duesentrieb, HenkvD, JdH, LX, Lukius, Våsk, Yelm

Archivo:Global Carbon Emission by Type fr.es.png *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Global_Carbon_Emission_by_Type_fr.es.png *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:Ortisa

Archivo:Espectro-IR-invernadero.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Espectro-IR-invernadero.png> *Licencia:* GNU Free Documentation License *Contribuyentes:* User:Luis Fernández García

Archivo:Carbon-dioxide-2D-dimensions.svg *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Carbon-dioxide-2D-dimensions.svg> *Licencia:* desconocido *Contribuyentes:* User:Alejo2083

Archivo:Carbon-dioxide-3D-vdW.png *Fuente:* <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Carbon-dioxide-3D-vdW.png> *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Benjah-bmm27, Jacek FH

Image:NFPA 704.svg *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:NFPA_704.svg *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* User:Denelson83

Archivo:Ciclo del carbono.PNG *Fuente:* http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Ciclo_del_carbono.PNG *Licencia:* Public Domain *Contribuyentes:* Lew XXI, MatNet, 2 ediciones anónimas

File:Coal anthracite.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Coal_anthracite.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: Cookie, Kluka, Saperaud, 2 ediciones anónimas

File:CuencaGrijalva.jpg Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:CuencaGrijalva.jpg> Licencia: Public Domain Contribuyentes: Mircea, Pepeleyva, 1 ediciones anónimas

Archivo:Lynx lynx poing.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Lynx lynx_poing.jpg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Baerni

Archivo:Tajinaste.jpeg Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Tajinaste.jpeg> Licencia: desconocido Contribuyentes: User:Sanbec

Archivo:Phanerozoic Climate Change.png Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Phanerozoic_Climate_Change.png Licencia: desconocido Contribuyentes: Royer, Dana L., Robert A. Berner, Isabel P. Montañez, Neil J. Tabor, and David J. Beerling

Archivo:Ocean currents_1943_(borderless)3.png Fuente: [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Ocean_currents_1943_\(borderless\)3.png](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Ocean_currents_1943_(borderless)3.png) Licencia: Public Domain Contribuyentes: US army

Archivo:Golfstrom.jpg Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Golfstrom.jpg> Licencia: Public Domain Contribuyentes: User Sommerstoffel on de.wikipedia

Archivo:Corrientes-oceanicas.gif Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Corrientes-oceanicas.gif> Licencia: Public Domain Contribuyentes: Desconocido

Archivo:World population.PNG Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:World_population.PNG Licencia: desconocido Contribuyentes: User:Emilfaro, User:Roke

Archivo:Earth symbol.svg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Earth_symbol.svg Licencia: Public Domain Contribuyentes: User:OsgoodeLawyer

Archivo:The Earth seen from Apollo 17.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: NASA. Photo taken by either Harrison Schmitt or Ron Evans (of the Apollo 17 crew).

Archivo:Geostático.JPG Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Geostático.JPG> Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: Original uploader was Nanow Jesús Madrid at es.wikipedia

Archivo:Geodinámico.JPG Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Geodinámico.JPG> Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: Original uploader was Nanow Jesús Madrid at es.wikipedia

Archivo:Jordens inre.svg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Jordens_inre.svg Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: Original Vectorization:

Archivo:Rotating earth (large).gif Fuente: [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Rotating_earth_\(large\).gif](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Rotating_earth_(large).gif) Licencia: desconocido Contribuyentes: User:Marvel

Archivo:Full moon.png Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Full_moon.png Licencia: Public Domain Contribuyentes: Bryan Derksen, Dbenbenn, Geofrog, Jat, Urhixidur, W/B:

Archivo:NASA-Apollo8-Dec24-Earthrise.jpg Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:NASA-Apollo8-Dec24-Earthrise.jpg> Licencia: Public Domain Contribuyentes: Apollo 8 crewmember W. William Anders Bill Anders

Archivo:Physical world.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Physical_world.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: Denniss, Eugene Zelenko, L, MPF, Robert Weemeyer, Saperaud, 6 ediciones anónimas

Archivo:Whole world - land and oceans_12000.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Whole_world_-_land_and_oceans_12000.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: NASA/Goddard Space Flight Center

Image:Wiktionary-logo-es.png Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Wiktionary-logo-es.png> Licencia: logo Contribuyentes: es:Usuario:Pybalo

Archivo:Biosphere CZCS NDVI.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Biosphere_CZCS_NDVI.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: Gene Feldman, Jim Tucker, NASA

Archivo:Oceans.png Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Oceans.png> Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Avsa

Archivo:Continental models.gif Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Continental_models.gif Licencia: desconocido Contribuyentes: AlexCovarrubias, AnonMoos, Corticopious, Er Komandante, Likevis, Roke, Timeshifter, 10 ediciones anónimas

Archivo:Methane-CRC-MW-dimensions-2D.png Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Methane-CRC-MW-dimensions-2D.png> Licencia: Public Domain Contribuyentes: Ben Mills

Archivo:Methane-3D-balls.png Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Methane-3D-balls.png> Licencia: Public Domain Contribuyentes: Benjah-bmm27

Archivo:Methane-model-flat.svg Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Methane-model-flat.svg> Licencia: desconocido Contribuyentes: User:King of Hearts

File:Ch4 color superficie.es.png Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Ch4_color_superficie.es.png Licencia: desconocido Contribuyentes: User:Ortisa

File:Methane-global-average-2006.es.png Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Methane-global-average-2006.es.png> Licencia: desconocido Contribuyentes: User:Ortisa

Archivo:PIA04866_modest.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:PIA04866_modest.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: NASA/JPL/Space Science Institute

Archivo:Venuspioneeruv.jpg Fuente: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Venuspioneeruv.jpg> Licencia: Public Domain Contribuyentes: NASA

Archivo:Mars atmosphere.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Mars_atmosphere.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: Original uploader was Alkuin at de.wikipedia

Archivo:Cassini peers over Titans harzy atmosphere to Saturns south pole.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Cassini_peers_over_Titans_harzy_atmosphere_to_Saturns_south_pole.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: Uwe W.

Archivo:Global Color Mosaic of Triton - GPN-2000-000471.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Global_Color_Mosaic_of_Triton_-_GPN-2000-000471.jpg Licencia: Public Domain Contribuyentes: NASA

Archivo:Atmo_camadas.png Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Atmo_camadas.png Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: User:Marcelo Reis

Archivo:Metotek08 atmosfera10.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Metotek08_atmosfera10.jpg Licencia: Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 Contribuyentes: Tecnòlegs de l'IES Bisbal

Archivo:Standardatmosphäre 1976 90km.png Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Standardatmosphäre_1976_90km.png Licencia: GNU Free Documentation License Contribuyentes: Saperaud

Archivo:Colores vespertinos atmosfera.jpg Fuente: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Archivo:Colores_vespertinos_atmosfera.jpg Licencia: desconocido Contribuyentes: User:Joaquín Martínez Rosado

Licencia

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>
